

En longitudinell studie av  
10 - 12-åringars förståelse av  
materiens förändringar



GÖTEBORG STUDIES  
IN EDUCATIONAL SCIENCES 000

*Olle Eskilsson*

En longitudinell studie av  
10 - 12-åringars förståelse av  
materiens förändringar

ACTA UNIVERSITATIS GOTHOBURGENSIS

© *Olle Eskilsson*

ISBN 91-7346-412-0

ISSN 0436-1121

Distribution: ACTA UNIVERSITATIS GOTHENBURGENSIS

Box 222

SE-405 30 Göteborg, Sweden

## Abstract

Title	A longitudinal study of 10-12-year-olds' conceptions of the transformations of matter
Language	Swedish, with summary in English
Keywords	Conception, using science knowledge, longitudinal study, categories of description, everyday phenomena, spontaneous explanation, explanation in discussion with others, chemistry learning, matter, molecule, phase concept, chemical reaction, and particulate nature of matter.
ISBN	91-7346-412-0

---

The main aim of this study was to study young people's ability to use science knowledge when talking about and explaining everyday phenomena involving transformations of matter. Pupils' individual knowledge was studied both through their spontaneous explanations and through their explanations with appropriate help in discussions with me or with other pupils.

The framework for learning in this study involved both pupils' individual learning and their learning in a social context. In the project, pupils discussed everyday phenomena with peers and with me. The role of the discourse was stressed in the interviews as well as pupils' use of parallel models of explanations.

Data were gathered through four interviews with each one of 40 pupils from five classes during a longitudinal study over two years. The pupils were about 10 years old at the first interview. During the study three instructional units were carried out in the five classes. In the first instructional unit a basic particle model was introduced, to be used when discussing experimental situations during the instructional units. The development of the basic particle model was one of the themes during the instructional units. Other recurrent themes were states of matter, gases and chemical reactions. I decided not to introduce the concept of chemical reaction until the last instructional unit. Pupils' statements in the interviews were categorised from these themes.

The categorizations emanated from presented research on pupils' conceptions of science but also from the statements of the actual group of pupils. The correctness of the science concepts used was also taken into account in the categorizations. Sometimes I altered a method used before and sometimes I developed a categorization for a special purpose in my study.

An example of the category systems is the combined classification of pupils' conceptions of the particle nature of matter that contains three perspectives:

- A/ the quality of pupils' particle model as revealed during the interview
- B/ the nature of pupils' use of the concept of molecule during the interview
- C/ the number of situations in the interview where pupils use the concept of molecule.

The pupils did not replace their old models; they put for example a new particle model beside their old everyday model. Then they chose which model to use when they met new situations.

Most of the pupils were able to use knowledge of science when talking about known everyday phenomena involving transformations of matter. Almost all of the pupils in the group developed their own thinking models during the project. Pupils' growing ability to describe features of chemical reactions and the development of their own particle model could help them to understand for example the nature of chemical reactions.

*Till Eva  
Åsa och Stefan med familjer*

## Innehåll

	<b>Förord.....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>Bakgrund.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Lärande .....</b>	<b>14</b>
2.1	Lärande som individuell aktivitet.....	14
2.2	Lärande i samspel med andra .....	17
2.3	Ett sammansatt perspektiv på lärande .....	20
2.4	Konsekvenser för denna studie.....	25
<b>3</b>	<b>Materiabegrepp – forskningsbakgrund .....</b>	<b>26</b>
3.1	Vad är materia? .....	26
3.2	Elevers föreställningar om vad som är materia .....	27
3.3	Elevers föreställningar om materiens byggnad .....	30
3.4	Undersökningar av elevers idéer om materiens förändringar.....	35
3.5	Undervisningsprojekt om materiabegreppet.....	45
3.6	Konsekvenser för min studie.....	47
<b>4</b>	<b>Problemställning.....</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>Design och undersökningsgrupp.....</b>	<b>50</b>
5.1	Longitudinell studie.....	50
5.2	Tidsplan.....	51
5.3	Elevgrupp .....	52
5.4	Videofilmning av lektioner .....	53
<b>6</b>	<b>Undervisningssekvenser.....</b>	<b>54</b>
6.1	Innehållet i undervisningssekvenserna.....	54
6.2	Återkommande teman .....	58
<b>7</b>	<b>Intervjuer .....</b>	<b>63</b>
7.1	Den reviderade kliniska intervjun .....	63
7.2	Konsekvenser för min studie.....	65
7.3	Genomförandet.....	66
7.4	Innehållet i intervjuerna.....	67
<b>8</b>	<b>Analys av insamlade data .....</b>	<b>70</b>
8.1	Analys av intervjuer .....	70
8.2	Bearbetning av intervjuer med datorstöd .....	70
8.3	Utgångspunkter för analyserna.....	71
<b>9</b>	<b>Partikelbegreppet .....</b>	<b>77</b>
9.1	Nyckelidéer och kategorisering.....	77
9.2	Användning av ordet molekyl .....	78
9.3	Magiska glasögon.....	79
9.4	Kategorisering av enskilda elevers partikelbegrepp.....	84
9.5	Elevernas användning av sitt molekylbegrepp spontant och i samtal med mig .....	86
9.6	Elevernas beskrivningar med begreppet molekyl i samtal med mig .....	89
9.7	Elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp.....	91
9.8	Antalet situationer där ordet molekyl används av enskilda elever .....	95
9.9	Antalet situationer där egna namn på smådelarna används.....	96
9.10	Sammanfattande kategorisering av elevernas kunnande .....	97
9.11	Vad vet du om molekyler? .....	100

9.12	Transmutering .....	103
9.13	Sammanfattning .....	104
<b>10</b>	<b>Elevers föreställningar om gaser .....</b>	<b>105</b>
10.1	Gasbegreppet – nyckelidéer och kategorischema.....	105
10.2	Spontana beskrivningar och beskrivningar vid samtal av gaser.....	108
10.3	Elevernas spontana beskrivningar av gaser.....	110
10.4	Eleverna talar om gaser i samtal med mig under intervjun .....	113
10.5	Två elevers föreställningar om gaser.....	115
<b>11</b>	<b>Kemisk reaktion .....</b>	<b>119</b>
11.1	Nyckelidéer för arbetet med kemisk reaktion .....	120
11.2	Kategorisering av elevernas beskrivningar av kemiska reaktioner .....	122
<b>12</b>	<b>Förbränning.....</b>	<b>126</b>
12.1	Nyckelidéer .....	126
12.2	Analys av förståelsen av syrets roll när något brinner .....	127
12.3	Analys av förståelsen av förbränningsprodukter när något brinner .....	128
<b>13</b>	<b>Vattnets kretslopp .....</b>	<b>134</b>
13.1	Nyckelidéer .....	134
13.2	Elevernas beskrivningar av övergångar mellan vatten och vattenånga.....	135
13.3	Analys av elevernas förklaringar till hur det blir regn .....	138
<b>14</b>	<b>Kunnande och erfarenheter .....</b>	<b>142</b>
14.1	Kategorisering av hur elever använder sina erfarenheter .....	142
14.2	Analys av hur elever använder sina erfarenheter .....	143
14.3	Tre elevers kopplingar till sina erfarenheter vid intervjuerna .....	145
<b>15</b>	<b>Lärandesituationer.....</b>	<b>148</b>
15.1	Materiens faser .....	148
15.2	Hur mycket väger fotbollen?.....	152
15.3	Kemisk reaktion .....	155
<b>16</b>	<b>Fallstudier .....</b>	<b>159</b>
16.1	Alma.....	159
16.2	Disa.....	162
16.3	Elis.....	164
16.4	Set .....	166
<b>17</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>169</b>
17.1	Perspektiv på kunnande.....	169
17.2	Metod och genomförande.....	170
17.3	Partikelbegreppet.....	172
17.4	Elevers föreställningar om gaser .....	176
17.5	Kemisk reaktion .....	178
17.6	Förbränning .....	180
17.7	Vattnets kretslopp.....	181
17.8	Spontana beskrivningar och beskrivningar vid samtal med mig.....	184
17.9	Kunnande och erfarenheter .....	185
17.10	Lärandesituationer.....	187
17.11	Problemställning.....	189
17.12	Forskningsmetodiska överväganden .....	191
17.13	Konsekvenser .....	195



<b>18 Summary</b> .....	<b>199</b>
18.1 Background and Aims .....	199
18.2 Framework .....	199
18.3 Concept of matter .....	200
18.4 Research questions .....	202
18.5 Methods and samples .....	203
18.6 The results .....	204
18.7 Case study .....	211
18.8 Conclusions .....	212
<b>Referenser</b> .....	<b>215</b>
<b>Bilagor</b> .....	<b>225</b>



## Förord

Som lärare i naturvetenskapliga ämnen i grundskolans senare del har jag ofta funderat över elevers förståelse av det vi arbetat med. Det har då varit både hur de förstår naturvetenskapliga begrepp och hur de kan använda sina kunskaper för att tala om vardagliga fenomen. Efter några år som lärare lyssnade jag till professor Björn Andersson och hans kolleger som berättade om EKNA-projektet och blev då intresserade av den forskning som presenterades i anslutning till detta projekt. Forskning om elevers förståelse och lärande var också central för oss i gruppen som skrev läromedlet NO-KOMBI.

För ungefär tio år sedan började jag arbeta vid Högskolan Kristianstad just som docent Gustav Helldén som höll på med sin avhandling. Han tog initiativ till bildandet av en forskargrupp, LISMA. Diskussionerna i denna grupp och de små studier vi genomförde och analyserade befäste mitt intresse för ämnesdidaktik. Nu är gruppen ansvarig för ett av forskningsteman vid Högskolan Kristianstad. Under arbetet med min studie har jag fått många tillfällen till diskussioner om den med intresserade kolleger i LISMA-gruppen. Både detta och visat intresse och annan uppmuntran från mina kolleger på institutionen har varit ett värdefullt stöd för mig.

Jag fick förmånen att få delta i den nationella forskarskolan i ämnesdidaktik som startade för fem år sedan i Göteborg. De första åren innebar många resor till Göteborg med intressanta diskussioner om litteratur från många olika delar av det ämnesdidaktiska forskningsområdet. Jag har genomfört min forskarutbildning som en del av min tjänst på högskolan. De senaste åren har jag också haft forskningsmedel som anslagits av Höskoleverket till ett projekt om elevers lärande i naturvetenskap i grundskolans tidigare del inom vårt temaområde.

Björn och Gustav har tillsammans med professor John Leach från Leeds varit mina handledare. Gustav har alltid haft tid att diskutera alla de frågor som dykt upp under arbetet. Inte minst hans erfarenheter från longitudinella studier med elever i grundskolan har varit värdefulla för min studie. Gustav har också tagit sig tid att läsa och diskutera avhandlingen när den växt fram under årens lopp. Björn har lämnat värdefulla synpunkter inte minst under det senaste halvårets intensiva arbete på hela avhandlingen och ställt de där frågorna som gjort att jag blivit tvungen att tänka igenom mina metoder, analyser och slutsatser en gång till. Träffarna och kontakterna via Email med John har varit mycket värdefulla speciellt för utformningen av den teoretiska ramen för lärande och för min motivering till att jag väljer att göra en longitudinell studie.

Jag är mycket tacksam för det positiva bemötandet jag mött från lärarna i de fem klasser jag gjort min empiriska studie i. Tack också till alla er elever som har gett mig förtroendet att få intervjua er om era tankar kring olika vardagliga fenomen. Utan denna medverkan av lärare och elever hade inte denna avhandling varit möjlig.

Slutligen vill jag tacka Eva som tålmodigt nästan varje dag under de här åren fått lyssna på mina tankar och frågor om projektet och som också läst och kommenterat mina texter många gånger. Våra barn, Åsa och Stefan, har alltid varit nyfikna och intresserade och lyssnat när jag berättat om min studie. Också våra barnbarn Karl och Henrik har bidragit genom att de fått mig att tänka på andra saker och det har också varit mycket värdefullt.

Vinslöv i september 2001

Olle Eskilsson



## 1 Bakgrund

För några år sedan såg jag i en rubrik på första sidan i vår lokaltidning att man kommit på en unik metod att rena luften från gas. Den som läser artikeln förstår nog att det handlar om att rena luften från några hälsofarliga gaser. Men hur är det med rubriksättarens kunskaper? Vet denne inte att luften är en gas eller använder han "rena från gas" för att det i den aktuella diskursen betyder att man tar bort hälsofarliga gaser från luft?

Detta exempel aktualiserar frågan om vilka målen för undervisningen i naturvetenskap i skolan bör vara, och vad man skulle kunna kalla naturvetenskaplig allmänbildning. Kan undervisningen i de naturorienterande ämnena (no) åstadkomma en sådan? No-undervisningen skulle kanske kunna stimulera elevernas nyfikenhet på fenomen de möter i sin omgivning. En strävan med undervisningen kunde vara att eleverna ska kunna använda sina kunskaper i naturvetenskap till att argumentera och diskutera vardagliga fenomen och samhällsrelaterade frågor. Många oroar sig för att allt färre lockas till gymnasieutbildningar med naturvetenskaplig inriktning och att högskoleutbildningarna inom naturvetenskap har för få sökande. Det kan ligga nära till hands att man sätter målet att få fler naturvetare framför allmänbildningsmålet. Jag kommer ofta fram till att målet för skolans no-undervisning skulle kunna vara att vi ska sträva mot allmänbildning i naturvetenskap med en koppling mellan naturvetenskap/teknik, människa och samhälle. Om vi når detta med skolans undervisning i de naturorienterande ämnena kommer vi troligen också att få fler elever som blir intresserade av att lära sig mer om detta ämnesområde. Det är också viktigt att man tidigt försöker stimulera elevers nyfikenhet på fenomen i sin omgivning. Platsar kunskaper om gaser i detta sammanhang? Mitt svar är tveklöst ja. Materiens tillstånd och transformationer är ett av de områden, som jag ser som centralt, när det gäller att förstå många vardagsfenomen. Vi träffar på många exempel inom detta område i vårt dagliga liv: förbränning av bränsle och livsmedel, energiproduktion, resurshushållning och vattnets kretslopp. Kunskap om materiens byggnad och omvandlingar är också viktiga när det gäller att förstå miljöproblem.

Det finns en hel del forskning om elevers föreställningar och förklaringar av fenomen där transformation av materia sker. Man ber elever förklara vardagliga händelser som innebär fasändringar, kemiska reaktioner och upplösning av ett ämne i ett annat. Denna forskning kan vara till hjälp när jag utformar undervisning och analys av elevernas förståelse. När det gäller elever i 10-12-årsåldern finns det dock inte så många studier av utvecklingen av elevers förståelse. Det vore intressant att veta mer om enskilda elevers lärande inom området materia och dess transformationer både på längre sikt och i samband med arbete med enkla begrepp som förklaringsmodeller. Jag vill också studera hur elevers samtal med varandra och med läraren påverkar lärandet.

Syftet med min studie är att undersöka:

- vilka tankemodeller om materiens natur som elever i 10-12-årsåldern använder när de talar om vardagliga fenomen, och hur dessa modeller utvecklas
- hur elevernas föreställningar utvecklas vid arbete med några enkla begrepp
- hur samtalet med andra påverkar elevens användning av sina kunskaper i naturvetenskap.

## 2 Lärande

I många av de teorier för lärande som idag diskuteras hänvisar man till två portalfigurer, Piaget (1896-1980) och Vygotsky (1896-1934). De brukar förknippas med lärande som individuell aktivitet respektive lärande i samspel med andra. Jag inleder med att diskutera dessa båda synsätt på lärande.

### 2.1 Lärande som individuell aktivitet

Piaget var biolog och disputerade i zoologi. Många menar att detta har påverkat hans sätt att beskriva lärande. Enligt Helldén (1992, s 15) jämför han organismernas anpassning för att leva i fysiologisk och ekologisk jämvikt med att individen på det kognitiva planet strävar efter att förstå sin omgivning och komma i jämvikt med denna.

Piagets tankar om lärande är centrala för dem som beskriver lärande som en individuell aktivitet. Många av dessa talar om lärande som att individen på något sätt själv konstruerar sitt kunnande. Kelly (1955, s 9-11) talar om lärande som personliga konstruktioner, när han beskriver hur människan som vetenskapsman undersöker sin omvärld och upplever den. Individerna konstruerar sina egna bilder av verkligheten och försöker hitta samband mellan sina bilder av sin omvärld. Kelly diskuterar skillnader mellan individuella verkligheter och sociala verkligheter. Han menar att den verklighet som individer konstruerar skiljer sig från individ till individ men de kan också ha likheter. Enskilda individer påverkar den sociala processen i en grupp genom att man tolkar varandras konstruktionsprocesser.

Piaget och Inhelder (1969) diskuterar konstruktivismen som en modell för utveckling av kunnande. De betonar att lärande innebär en aktiv process, där jämvikten och stabiliteten i det kognitiva systemet är viktigt. Piaget förkastar empirismens syn på att kunskapen är en kopia av verkligheten.

Lärandet styrs enligt Piaget (1964) av fyra huvudfaktorer: nervsystemets mognad, erfarenheter, socialt samspel och självreglering. Mognaden genomgår enligt Piaget en bestämd utveckling som är oberoende av barnets kulturella hemvist. Med erfarenheter menar Piaget dels empiriska och dels logisk-matematiska erfarenheter. Han anser att de logisk-matematiska erfarenheterna är minst lika betydelsefulla som de empiriska. Piagets teorier om lärandet beskrivs bl a i hans stadieteori. Piaget menar att lärande inte är möjlig utan att man passerar ett antal jämviktsnivåer. Han använder också begreppen assimilation och ackommodation för att beskriva lärandet. Barnet kan assimilera information från en annan människa till sina tankestrukturer, vilket då innebär en social språklig interaktion. Vid assimilation passar den nya händelsen/erfarenheten bra in i ett gammalt tankeschema och anpassas till detta. Om den nya händelsen/erfarenheten inte passar in så måste schemat ändras. Det sker en ackommodation som innebär att eleven ändrar sina tankestrukturer. Denna ändring innebär att eleven lär sig nya saker. Assimilation och ackommodation sker samtidigt och i balans med varandra för att upprätthålla jämvikten. Assimilation är konserverande, och det existerande schemat bekräftas och förstärks. Ackommodationen är progressiv och leder till förändringar.

Enligt Bruner (1970, s 20, 85) är främsta syftet med varje form av inläring, utöver att den kan vara till glädje, att vi som individer har framtida nytta av det vi lär oss. Bruner återkommer till det individuella perspektivet i många olika sammanhang när han beskriver lärande. Den enskilde eleven ställer hypoteser. Eleven förvärvar nya kunskaper eller utökar tidigare

kunskap. Bruners slutsats av den syn han har på individens lärande är, att vi skjuter upp undervisningen i många viktiga ämnen i skolan alldeles för länge. Vi kan t ex undervisa i naturvetenskapens grunder i vilken ålder som barnet än befinner sig i. Om man tillmötesgår barnets sätt att tänka, och om man utformar stoffet så att det passar för elevens logik, kan det bli tillräckligt utmanande även för unga elever. Bruner (1970 s 66-68) talar för en spiralmodell i undervisningen där eleven stegvis får hjälp att övergå från konkret tänkande till användning av mer adekvata abstrakta begrepp. Bruners grundtanke är att var och en i vilken ålder man än befinner sig kan undervisas i grunderna i alla skolämnen.

”Fastän detta påstående till en början kan förefalla häpnadsväckande, är avsikten att understryka en ytterst viktig omständighet som ofta förbises vid utarbetandet av nya kursplaner. Det är att de grundläggande begrepp som är av central betydelse för all naturvetenskap och matematik och de grundteman som formar livet och litteraturen är lika enkla som deras inflytande är mäktigt.” (Bruner, 1970, s 28)

Detta synsätt ligger till grund för Bruners åsikt, att eleverna tidigt ska möta begrepp så att de kan tala om fenomen. Härigenom bygger de upp egna begrepp och får ord eller etiketter de kan använda när de talar om vardagliga fenomen. Bruner (1970, s 62) beskriver inlärningsprocessen som tre nästan samtidiga processer:

- förvärvande av nya kunskaper – ofta sådant som går stick i stäv med vad individen tidigare vetat eller haft mer eller mindre klart för sig
- omformning, då man kan använda tidigare kunskap i nya sammanhang, demaskera och analysera kunskapen
- utvärdering, då vi kontrollerar att vi gjort en riktig användning och generalisering.

Bruner betonar lärarens roll speciellt i utvärderingsprocessen.

Ausubel (1968) menar liksom Piaget att den lärandes utgångsläge har stor betydelse för att kunnandet ska utvecklas. Han understryker också vikten av att läraren är medveten om detta, och att läraren reflekterar över de konsekvenser detta har för undervisningen. Detta framgår bl a av följande citat:

”If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.” (Ausubel, 1968, s vi)

Liksom Bruner talar gruppen runt Ausubel om meningsfullt lärande, vilket innebär en integration mellan tänkande, känslor och agerande och som inträffar då individen skapar ny kunskap. Detta samspel är unikt för människan. Novak (1993) kallar denna syn på lärande ”human constructivism”. Förutsättningarna för meningsfullt lärande kan enligt Ausubel (1968, kap 2 ) sammanfattas i följande tre punkter:

- Ämnesinnehållet som ska läras måste vara meningsfullt för den lärande människan.
- Den lärande människan måste behärska begrepp, som går att relatera till den nya informationen.
- Den lärande människan måste själv välja att lära meningsfullt.

Den lärande kopplar nya begrepp till sina tidigare kunskapsstrukturer. Om man inte anknyter till tidigare förståelse kommer den nya kunskapen att bli isolerad utantillkunskap. På grund av den lärandes tidigare erfarenheter kommer lärandet hos olika individer att bli olika. Centrala moment i det meningsfulla lärandet är att kunskap skapas och att den bygger på begrepp som

kan länkas till tidigare kunskap. Man betonar också betydelsen av känslor. Nya begrepp kopplas till de gamla strukturerna endast om det finns något att knyta dem till. Utveckling kan också innebära att två gamla begrepp får en ny anknytning via ett nytt begrepp så att den inre strukturen utvidgas. Med begrepp menar Ausubel (1968, s 41) benämningar på föremål och skeenden. Lärandet är inte beroende av stadier i barnets mognad. Även en sjuåring kan genomgå ”kvalificerad” begreppsutveckling, om det finns tidigare begrepp att knyta de nya begreppen till.

Piagets tankar om lärandet ligger som grund i den typ av konstruktivism som von Glasersfeld (1995, kapitel 10) formulerade. Han stöder sig främst på följande punkter i Piagets teorier om hur man utvecklar sina begrepp:

- Kunskap erhålls inte passivt genom sinnena eller kommunikation; kunskap byggs aktivt upp av den lärande (the cognising subject).
- Kognitionsförmågan är adaptiv, i ordets biologiska betydelse. Den strävar mot anpassning eller livsduglighet (viability). Kognitionen hjälper individen med organisation av den upplevda världen, inte att upptäcka en objektiv, ontologisk verklighet.

Von Glasersfeld (1995, kapitel 10) menar att den lärande själv konstruerar – inte reproducerar – sitt kunnande. För att vi ska förstå ett sammanhang eller kunna ge uttryck för egna tankar och åsikter, måste orden stå för någonting. När vi hör ett ord eller ska uttrycka något så skapar vi en representation av detta. Vi har någon slags bild eller föreställning som vi har konstruerat. Konstruktivismen kan ses som en kunskapsteori som bör ge konsekvenser för undervisningen.

Den modell för den enskildes lärande, som kallas ”conceptual change” eller ”conceptual replacement”, stämmer väl överens med Piagets tankar om ackommodation. Det innebär att den lärande ersätter gammal kunskap med ny som man finner vara bättre. Strike och Posner (1985) anses vara några av dem som förde in och beskrev denna modell för lärande. De menar att ”conceptual change” innebär en konflikt mellan vardagsförståelse och vetenskaplig förståelse som leder till att den gamla uppfattningen förkastas. Vår vardagsförståelse är stabil och kan vara svår att ändra på. Gitomer och Duschl (1995) menar att Strikes och Posners modell av ”conceptual change” baseras på att eleven bygger upp sin kunskap för att få en logisk struktur. Om man utformar undervisningen så att den bygger på tankar om lärande som ”conceptual change”, så strävar man efter att försätta eleverna i situationer där deras föreställningar prövas. Förespråkarna för ”conceptual change” kommer fram till, att man inte ska lära eleverna förenklade modeller som strider mot vetenskapliga modeller. Griffith (1994) menar att dessa förenklingar kan bli stabila modeller som är svåra att ändra.

Det finns många andra forskare som diskuterar lärande som en individuell aktivitet. Greeno (1997) fokuserar den enskildes kunnande och tankar. Han menar, att djupare kunskaper om dessa är viktiga för utveckling av undervisningen. Detta kan göras genom fortsatt forskning om undervisningsmetoder, lärande, problemlösning och andra processer där individens lärande fokuseras. I det kognitiva perspektivet förutsätts att några lärandemiljöer är sociala medan andra inte är det. Flera forskare anser att utvecklingen av enskildas lärande följer speciella vägar, learning pathways eller learning trajectories (Driver, 1989; Petri & Niedderer, 1998). Lijnse (1990) menar att det vore värdefullt att beskriva de begreppsnivåer man kan identifiera i utvecklingen av elevers förståelse, och hur elever kan förflytta sig till nya nivåer. Andersson och Bach (1995) betonar i sin konstruktivistiska modell av förhållandet ”knower-known”, att



lärarens roll inte är att överföra kunnande. Läraren ska handleda och hjälpa enskilda elever att utveckla sitt kunnande med utgångspunkt från deras utgångsläge och att konstruera nya tankestrukturer. En viktig förutsättning för detta är, att läraren är väl förtrogen med elevers föreställningar.

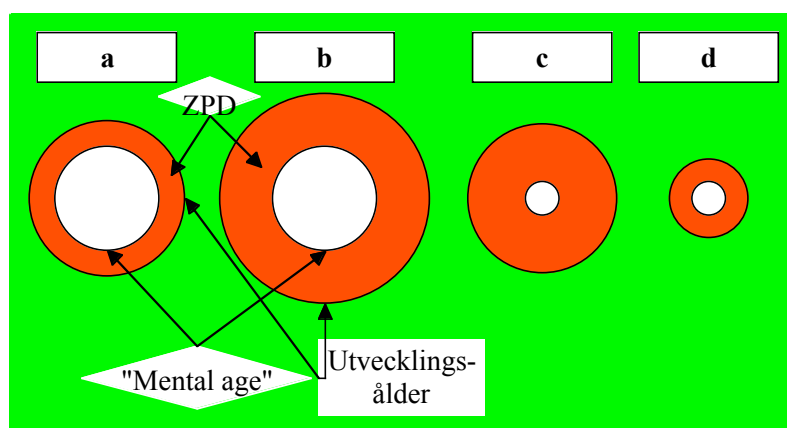
Enligt Sjøberg (2000, s 278) har Piaget haft stor betydelse för utvecklingen av undervisningen i många skolämnen men framför allt i de naturvetenskapliga ämnena. En styrka i Piagets teori är att den riktar uppmärksamheten mot processer och aktiviteter som involveras i barns lärande i olika åldrar. Teorin stöder då elevaktivitet i lärandet, där processen är viktigare än förvärvandet av fakta. Enligt Sjøberg har många försök gjorts att tolka Piagets teorier, men tillämpningarna av teorierna i skolan har ofta misslyckats. I många Piagetinspirerade projekt undviker man att ta in abstrakta inlärningsaktiviteter tidigt i skolan utan satsar i stället på konkreta tankeoperationer som sorteringsövningar och klassificeringar. Kritiken mot de Piagetinspirerade projekten riktas också mot den starka styrningen av vad man kan och inte kan behandla i olika åldrar, när man försöker tillämpa Piagets stadieteori.

## 2.2 Lärande i samspel med andra

Om Piaget är en portalfigur när det gäller lärande som en individuell aktivitet, så är Vygotsky hans motsvarighet när det gäller lärande i samspel med andra. En central tes i Vygotskys teoretiska ram för lärandet är betydelsen av växelspel mellan människor i en social diskurs. Vygotsky anser att utvecklingen först sker på det sociala och därefter på det individuella planet, först mellan människor och därefter hos den enskilde. I den sociala interaktionen är språket ett centralt medierande verktyg som bl a används för att forma begrepp genom internalisering. Vygotsky (1996, s xxiv) beskriver detta som att man införlivar begreppen i sitt eget tänkande. Det mesta av Vygotskys arbete handlar om språkinläring, men hans ramverk har breddats av bl a Wertsch (1991, kapitel 2).

”The zone of proximal development”, ZPD, är en central del i Vygotskys (1996, s xxxv och 187) ramverk för lärandet. ZPD är den nivå till vilken kognitiv utveckling kan ske vid ett visst tillfälle. ”The zone of proximal development”, (den närmaste) utvecklingszonen, är skillnaden mellan ett barns ”mental age”, dvs det barnet kan prestera på egen hand, och den nivå hon/han kan uppnå med hjälp av stöd genom undervisning och annan interaktion. Eleven är mottaglig för att ta till sig ny kunskap och nya erfarenheter som kan relateras till denna zon. Det sociala samspelet med lärare och kamrater påverkar hur mycket en lärande kan utnyttja sin utvecklingszon. Wertsch (1991, kapitel 2) anser att läraren spelar stor roll och kan hjälpa barnen i denna utveckling.

I figur 1 beskriver jag min tolkning av den nära utvecklingszonen. Den yttre cirkeln markerar elevens utvecklingsålder, dvs hur långt eleven kan nå med stöd av och i samspel med en som behärskar området. Den inre cirkeln illustrerar individens ”mental age”. Det skuggade området är utvecklingszonen. Förhållandet mellan ”mental age” och utvecklingsålder kan vara mycket olika från individ till individ. Det finns inget entydigt samband mellan ”mental age” och utvecklingszon för individen. Elever med hög ”mental age” kan ha en liten (a) eller stor utvecklingszon (b). På samma sätt kan elever med låg ”mental age” ha stor (c) eller liten utvecklingszon (d). Bilderna a-d kan också illustrera förhållandet för olika kunskapsområden för en och samma elev.



Figur 1 Utvecklingszon, ZPD. Den inre cirkeln markerar den lärandes mentala ålder.

En annan central del i Vygotskys (1996, s 256) teori om lärande i samspel med andra är medieringen, som är en unik mental förmåga hos människan. Man kan mediera sina kunskaper till senare generationer som stöd för tänkande och handlande. I denna mediering spelar bl a olika hjälpmedel, artefakter, en stor roll. En jordglob kan vara en sådan artefakt när man talar om jordens rörelser, och ett stearinljus när man talar om vad som händer när ett ljus brinner. Språket är också enligt Vygotsky en artefakt som vi använder som stöd för lärande.

Begreppet mediering är enligt Säljö (2000, s 66, kapitel 4) kanske det mest annorlunda antagandet i sociokulturell tradition i jämförelse med andra perspektiv på lärande. Begreppet mediera kommer från tyskans ord för att förmedla. Vi hanterar omvärlden med hjälp av olika fysiska och intellektuella verktyg som ingår i våra sociala praktiker. Vårt tänkande och våra föreställningar är framvuxna ur vår kultur och dess fysiska och intellektuella redskap. I vårt komplexa samhälle blir medieringen via artefakter allt mer påtaglig. Språket har stor betydelse för medieringen. Det medierar omvärlden för oss och genom kommunikation med andra blir vi delaktiga i nya sätt att beteckna och beskriva omvärlden.

Wertsch (1985) beskriver Vygotskys tankar och uppdaterar dem till 1980-talets verklighet. Han lyfter också fram några svagheter i Vygotskys beskrivning av lärandet. Bland annat påpekar han teoretiska framsteg som gjorts efter Vygotskys död, när det gäller att tolka betydelsen av ett påstående (word meaning). Vygotsky säger nästan ingenting om kopplingar till verkliga företeelser när han talar om ordets betydelse. Wertsch ser klara skillnader mellan hur metodikern Vygotsky och psykologen Vygotsky beskriver lärande. Psykologen Vygotsky säger nästan inget om den naturliga utvecklingen hos individen och dess inverkan, medan metodikern talar om samspelet mellan naturliga och sociala faktorer när beslut fattas.

Wertsch (1991, kapitel 6) utvecklar sina tankar om Vygotskys teorier. Han fastslår att tänkandet inte enbart är lokaliserat till hjärnan, utan att det också arbetar genom artefakter och kommunikativa handlingar. Han menar att all mänsklig mental aktivitet innesluts i kulturella, historiska och sociala processer. Den sociala miljön innefattar, förutom individen, också de kulturellt medierande artefakterna och den kulturellt påverkade sociala och fysikaliska omgivningen som människan agerar i. Wertsch använder termen sociokulturell för att betona, att han anser att studier av lärandet är flerdisciplinärt. Han nämner Vygotskys bidrag från psykologin och bidrag från andra forskare inom kulturvetenskaperna.

Wertsch utvecklar dessa tankar om lärandet tillsammans med Cole (1996). De menar att vi lär oss förstå våra erfarenheter med hjälp av artefakter, t ex tidigare generationers tankemödor.

Artefakterna är ett stöd både när man skapar och när man formar nytt kunnande. Kunnandet är och förblir situationsbundet och är en del av den omgivning människan finns i.

När man talar om lärande i samspel med andra används ofta begreppet diskurs. Innebörden i våra ord och därmed tankar styrs av vilken diskurs vi befinner oss i. Missförstånd eller oförståelse uppstår om vi i vår kommunikation med andra "inte är i samma diskurs". Schoultz (2000, s 7) talar om att varje yrkesgrupp har sitt speciella språkbruk, och att man även i skolans no-undervisning har ett gemensamt språkbruk med pragmatiska regler, som delas av människorna inom just den gemenskapen. Om inte eleverna känner till denna diskurs, så får ord och termer inte den betydelse som läraren avser. Wertsch (1991, s 80-83) beskriver nyhetsförmedling som exempel på en indirekt diskurs. Nyhetsreportrar överför inte bara det som någon annan sagt utan de gör också egna summeringar av detta och utlämnar då ibland vissa delar. Detta kan då innebära att det som rapporteras blir en annan diskurs än den källan avser. Wertsch (1991, s 130) talar även om socialisationsprocessen i klassrummet. Han menar att denna inte innebär att man byter ut ett sätt att tala om fenomen, utan man utvecklar sina gamla metoder och tar till sig nya. Socialisationen innebär att man utvecklar sitt sätt att tala i olika sociokulturella diskurser.

Vi uttrycker oss på ett sätt om vi t ex talar om ett brinnande ljus i ett vardagligt sammanhang, men på ett annat sätt om vi diskuterar det brinnande ljuset i ett naturvetenskapligt sammanhang. Om vi behärskar en diskurs kan vi också göra oss förstådda i denna, och andra kan förstå oss. Östman (1995, kapitel 6) lyfter fram betydelsen av de diskursiva sammanhangen som språkanvändningen och kontexten. I skolan möter eleverna enligt Östman ofta färdigtuggade och dekontextualiserade språkliga påståenden om hur naturen är beskaffad. Framställningen bygger på grundläggande begrepp, men för att dessa begrepp ska bli elevens egna, måste eleven komma in i den diskursiva gemenskapen, där man använder dessa sätt att tala och tänka i konkreta situationer.

Även Sutton (1996) menar att lära sig naturvetenskap innebär, att man lär sig tala på ett nytt sätt. Undervisningen i naturvetenskap bör ge tillträde till dessa nya sätt att tala. Leach och Scott (1999) beskriver internaliseringen som en inre process, där den lärande tolkar information och gör den begriplig för sig. Detta innebär att den lärande rekonstruerar samtal och andra aktiviteter på det sociala planet till sitt eget sätt att tala om fenomen. Leach och Scott betonar lärarens viktiga roll när det gäller att introducera nya begrepp för eleverna. Läraren måste göra eleverna medvetna om skillnaderna mellan sina vardagsuppfattningar och de vetenskapliga och följa utvecklingen av elevernas förståelse av nya begrepp. De lyfter genom detta fram lärandet i samspel med läraren och med andra elever, men det kan också uppfattas som en beskrivning av den enskildes lärande.

Många forskare är kritiska till Piagets syn på lärande, som de ser som en ensidig beskrivning av lärandet som en enskild aktivitet. Donaldson (1978, s 76), som i början av sin verksamhet tillbringade en tid på Piagets forskningsinstitut i Genève, är mycket ödmjuk i sin beskrivning av hans betydelse. Hon menar emellertid att lärandet är mycket mer beroende av sammanhanget än vad Piaget trodde. Barn kan dra egna slutsatser mycket tidigare än Piaget menade i sin stadieteori. De är inte heller så egocentriska som Piaget ansåg. Carlgren (1999) beskriver den kritik av Piagettraditionen, som kom på 1980-talet, som en kritik av att man alltför mycket betonade den individuella kunskapskonstruktionen. Man förbigick att kunskapen bildas i samspel med t ex en lärare liksom betydelsen av undervisningens kontext. När elever möter skolans naturvetenskapliga ämnen, ser de dessa utifrån sina tidigare erfarenheter i den sociala

omgivning, den diskurs, de befinner sig i. Enligt Sjøberg (2000, s 320-323) handlar det inte bara om att man ska lära sig begreppen utan också sammanhanget och det språk som används. Vissa elever löser detta genom att de låter den naturvetenskapliga kunskapen vara giltig endast i skolan.

Anderson, Reder och Simon (1996) sammanfattar sin syn på det situationsbundna lärandet och dess konsekvenser för undervisning. De menar att kunskapen är bunden till specifika situationer, och att endast en liten del av kunskapen från en kontext kan föras över till en annan näraliggande kontext. Syftet med att utgå från vardagssituationer i undervisningen, ska vara att engagera och motivera eleverna. Det viktiga är att elevernas tankar väcks och inte hur dessa kan tillämpas i nya situationer. Deras slutsats är att teoretiska exempel måste kombineras med konkreta exempel från den komplexa verkligheten.

### 2.3 Ett sammansatt perspektiv på lärande

Flera forskare menar idag att man bäst beskriver lärandet med inslag både av individuellt och socialt perspektiv. Dessa tankar hade också både Piaget och Vygotsky men de betonade de ingående komponenterna olika starkt.

Piaget anses mena att individen lär sig genom att pröva förförståelsen av sin omvärld och upptäcker då nya saker. Mot detta ställs att Vygotsky säger att förståelsen är en social aktivitet. Detta är en förenkling eftersom både Piaget och Vygotsky i många sammanhang beskriver både den individuella och den sociala aspekten på lärandet. Piaget förnekar aldrig den sociala världens betydelse, vilket bland annat framgår av följande citat:

”From this perspective, there is no longer any need to choose between the primacy of the social or that of the intellect; the collective intellect is the social equilibrium resulting from the interplay of the operations that enter into all cooperation. Nor does intelligence precede mental life or the reverse; it is the equilibrated form of all cognitive functions.” (Piaget 1970, s. 114)

Vi går in med våra tankestrukturer och sen så arbetar vi tillsammans, och då kan det uppstå något nytt.

Vygotsky (1996, s xxxvi, 228) å sin sida påpekar att de sociala processerna ger upphov till individuella processer. När han talar om språk och tanke menar han att individen är aktiv. Han talar både om det aktiva barnet och om den aktiva omgivningen, men också om den roll som kunskap från tidigare generationer har, kulturens roll. På så sätt förenar Vygotsky det sociala och personliga perspektivet med att den lärande inte kan vara en passiv mottagare av kunskap.

”Activity and practice – these are the new concepts that have allowed us to consider the function of egocentric speech from a new perspective, to consider it in its completeness. .... But we have seen that where the child's egocentric speech is linked to his practical activity, where it is linked to his thinking, things really do operate on his mind and influence it. By the word “things”, we mean reality. However, what we have in mind is not reality as it is passively reflected in perception or abstractly cognised. We mean reality as it is encountered in practice.” (Vygotsky 1987, s. 78-79)

I senare skrifter har Bruner (1990, kapitel 1 och 4; 1996, kapitel 3) kompletterat sitt teoretiska ramverk med de sociala och kulturella aspekterna på lärande. Han menar att inlärningspsykologer tidigare koncentrerade sig på hur individer förvärvar kunskap om de naturvetenskapliga modellerna och de system som redan fanns ”där ute”. Det var bara några få, förutom Vygot-

sky, som försökte förstå betydelsen av språket och av människor som sociala varelser. Bruner (1996, s 17) känner igen något i Vygotskys utvecklingszon som tycks gå utanför det vi kallar begåvning. Skillnaden mellan begreppet medfödd begåvning och ZPD menar han är, att ZPD också innebär att vi med hjälp kan gå bortom denna medfödda förmåga. Han menar att artefakterna enligt Vygotsky inte kan jämföras med lexikon eller ordlistor utan att dessa är verktyg som är en aktiv del i hela lärandeprocessen.

Solomon (1983, 1994) är kritisk till begreppet ”conceptual change”, eftersom hon inte tror att lärande innebär att man byter ut en gammal förklaringsmodell mot en ny. Att lära sig innebär att man skaffar sig nya sätt att förklara och tala om fenomen. Vi behöver den spontana kunskap som vårt vardagsspråk ofta innehåller. Detta språk använder vi för kommunikation i vardagliga sammanhang. Vardagsförklaringar är accepterade i ett sammanhang men inte i ett annat. Vi modifierar vårt sätt att tala om fenomen beroende på den kontext vi använder dem i. Solomon skriver att begreppsförståelsen är en nödvändig förutsättning för att utforma och genomföra ett experiment på ett bra sätt och inte följderna av experimentresultatet. Eleven använder sin tankeverksamhet liksom språket, händerna och laborationsmaterialet när den genomför ett experiment. Att lära sig naturvetenskap är från denna utgångspunkt inte att förändra sin förståelse utan att känna igen vilka föreställningar som passar in i olika kontexter.

Leach och Scott (1999) menar att det på senare år har skett en förskjutning inom didaktisk forskning från de individuella processerna för lärande till lärande i ett socialt sammanhang. Solomon (1994) menar att man kan se samma förskjutning när det gäller synen på undervisning.

Lärande och förståelse beskrivs ha sitt ursprung i samspel mellan individer och mellan individer och kulturella artefakter. Ibland beskrivs lärandet i naturvetenskap som att man ska lära sig att använda det naturvetenskapliga språket. Leach och Scott (1999) varnar för att tolka detta som en direkt överföring av nya sätt att tala om fenomen. Det krävs att individen tolkar, reorganiserar och rekonstruerar talet och aktiviteterna man upplevt i samspel med andra. Leach och Scott kopplar alltså samman lärandet i det sociala sammanhanget med den individuella bearbetningen.

Sfard (1998) beskriver lärandet med hjälp av två olika metaforer, ”förvärvande” respektive ”deltagande”. I bilden av lärande som förvärvande är målet individuell utveckling. De lärande är konsumenter av det som läraren bearbetat och förberett för dem. Förvärvandemetaforn innebär en individuell syn på lärande. I deltagandemetaforn blir den lärande en deltagare i ett socialt sammanhang, där den lärande har en lärlingsroll och läraren också är deltagare men en som är expert på området. Målet är att man ska lära mer om området, så att man kan delta och kommunicera med övriga i det. Deltagandemetaforn är en bild som ligger nära lärande i samspel med andra. Sfards slutsats är att man måste använda båda bilderna för att beskriva lärandet. Deltagandemetaforn tolkas ofta som att ”teaching by telling” är förbjudet, att ”cooperative learning” föreskrivs och att endast problemlösningssuppgifter får förekomma. En lämplig blandning av undervisning enligt ”förvärvande” och ”deltagande”, som avpassas till eleverna och till läraren, kan lyfta fram det bästa i de båda modellerna för lärande.

Paulsen (2000) utgår från Sfards metaforer när han diskuterar hur uppdraget att undervisa i naturvetenskap har förändrats i de nordiska länderna. Han menar att utvecklingen i skolans styrdokument pekar mot en vidare kompetens hos eleverna. De ska kunna använda sin kunskap i naturvetenskap till att delta i politiska debatter och beslut. Därför fokuserar han del-

tagandemetaforen när han diskuterar konsekvenser för undervisningen i skolan. Han menar emellertid inte att man bara kan utgå från denna utan att förvärvandemetaforen också är tillämplig.

Solomon (1992, s 62) diskuterar lärande i grupper som arbetar med praktisk problemlösning utifrån Vygotskys perspektiv. Hon kommer fram till att vissa elever talar för att få bekräftelse på sådant de redan vet. Några elever söker social respons, medan andra elever förstärker idéer från någon som redan talat, men det är sällan någon talar emot majoriteten i gruppen. Lemke (1993, kapitel 7) diskuterar elevers lärande i relation till diskussioner mellan elever och mellan elever och lärare. Han anser att eleverna ska tränas att tala naturvetenskap, och att deras egna föreställningar ska lyftas fram och diskuteras. Han diskuterar bl a laborationernas roll och menar att dessa ger möjligheter som man inte har vid andra aktiviteter i skolan. Eleverna kan tala med varandra för att lösa praktiska problem och då använda sig av naturvetenskapens språk, samtidigt som deras egna föreställningar prövas. Diskussioner blandas med icke verbala aktiviteter i elevgrupperna.

Vosniadou och Ioannides (1998) säger att den teoretiska utgångspunkten för ”conceptual change” är att det sker en plötslig förändring av den enskilde lärandes tankestrukturer. Empiriska undersökningar stöder inte detta antagande, och Vosniadou och Ioannides vill skilja mellan processen och resultatet av ”conceptual change”. De menar att vi måste veta mer om de yttre faktorer som påverkar en inre ”conceptual change”. Vi måste också veta mer om de verktyg, artefakter och symbolspråk, som utvecklas genom sociala och kulturella processer.

Greeno, som ser lärande som en individuell aktivitet, och Anderson, Reder och Simon, som talar för lärande i samspel med andra, diskuterar i en serie artiklar lärande ur dessa båda perspektiv. Anderson, Reder och Simon (1996) inleder denna diskussion med att göra en genomgång av de centrala krav, som ställs på situationsbundet lärande med tanke på undervisningens utformning. Man menar att en händelse alltid måste kopplas samman med den konkreta situation i vilken den inträffar, och att kunskap inte överförs mellan olika situationer. Det kontextbundna kunnandet är olika för olika typer av kunskap. Så kan t ex kunskapen om addition i 10-systemet inte enkelt föras över till addition med andra baser. Sättet som situationen studeras på, har också betydelse för hur man kan generalisera slutsatser från en situation till en annan. Ibland kan till och med kunskaper och erfarenheter från en viss situation påverka förståelsen av en annan negativt. Vardagliga händelser är så komplexa att man har svårt att generalisera dem till nya situationer. De menar att det är viktigt att man utvecklar kunskapen om det situationsbundna lärandet. Detta gör oss medvetna om nya sätt att utveckla undervisningen på, som vi inte varit medvetna om tidigare.

Greeno (1997) bemöter Anderson et al. med att de centrala krav på situationsbundet lärande som dessa talar om, inte belyser de situationsbundna och kognitiva perspektiven. Däremot är det avgörande skillnader i ramen för de båda perspektiven. Det kognitiva perspektivet tar enligt Greeno individens lärande som bas och vidgar sig mot bl a kontextens betydelse. Det situationsbundna perspektivet har social och ekologisk interaktion som bas och vidgar sig mot innehållet i interaktionen mellan människor. Båda perspektiven är viktiga och kan enligt Greeno tillsammans bidra till utvecklingen av vår kunskap om lärande och undervisning. Han visar med några exempel att det enskilda lärandets kognitiva processer bidrar till förståelsen av den intellektuella utvecklingen. Han stöder tankarna i den forskning som har ett situationsbundet perspektiv på att elevers lärande påverkas positivt av att den lärande engageras i den speciella situationen. Den kognitiva forskningen vilar på antagandet att vi kan analysera den

kognitiva processen i ett system och betrakta andra system som kontexter där denna process sker. Greeno anser att denna utgångspunkt har många avgörande fördelar. Å andra sidan menar han dock att det situationsbundna perspektivet är ett bättre verktyg när vi vill förstå och utveckla undervisning.

Anderson, Reder och Simon (1997) konstaterar att man är överens om mycket i synen på lärande och undervisning och de håller med om att båda perspektiven behövs. Anderson et al. är inte så kategoriska som i den tidigare artikeln från 1996 utan håller med om många av de kommentarer Greeno har. Orsaken till att Greeno ibland menar att det är oklart om de talar om situationsbundet lärande eller inte, menar de kan vara att de inte använder det traditionella språkbruket inom det situationsbundna forskningsområdet. Det individuella kognitiva perspektivet bortser inte från vikten av den sociala interaktionen. Den situationsbundna synen på lärande innebär inte, att individen bara är en kugge i det sociala hjulet. Anderson et al. menar däremot att de, som talar för det individuella lärandet, ofta ser det sociala samspelet utifrån individens tänkande.

Anderson, Reder och Simon respektive Greeno (2000) avslutar sitt meningsutbyte om situationsbundet respektive kognitivt perspektiv med att skriva en gemensam artikel. I denna kommer de fram till, att en fortsatt debatt skulle dölja alla de punkter där de är överens. Det situationsbundna perspektivet kritiserar för att det tar för lite hänsyn till individen, och det kognitiva för att det inte tar hänsyn till den sociala interaktionen. Båda perspektiven ger viktiga kunskaper om lärandet. Det kognitiva perspektivet ska inte tolkas som att man förnekar värdet av att lära i samspel med andra. Det situationsbundna perspektivet innebär inte att man förnekar värdet av det individuella lärandet utan forskningen fokuserar individens samspel med andra och det material som behandlas. Anderson et al. sammanfattar sin artikel med att vi måste fortsätta att göra noggranna studier av lärandeprocessen och då utnyttja de bästa metoderna från olika perspektiv. Diskussionen mellan Greeno och Anderson, Reder och Simon är ännu ett exempel på att båda perspektiven betraktas som nödvändiga för att förstå elevers lärande och som utgångspunkt för undervisning.

Andersson (2000, s 13-20) konstaterar att forskningsbilden har breddats väldigt mycket och lyfter då speciellt fram kombinationen mellan Vygotskys och Piagets tankar. Andersson återkommer till detta när han diskuterar en socialkonstruktivistisk syn på lärande och kunnande. Han beskriver i inledningen kunnandet som individuellt konstruerat men socialt medierat. Han menar att de insikter som formulerats av Piaget och Vygotsky kan vara till hjälp för dem som vill förbättra skolans undervisning i naturvetenskap. Han utgår från detta när han diskuterar relationen mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande. Det vetenskapliga tänkandet är annorlunda men man kan ändå säga att det bygger på vardagstänkandet. Vi kan också uppfatta naturvetenskap som en mänsklig aktivitet som äger rum i ett socialt sammanhang.

I några konstruktivistiskt orienterade studier, där man haft den enskildes lärande som utgångspunkt, finns en del intressanta slutsatser. Kärrqvist (1985, kapitel 10), Taber (1998), Tytler (1998), Petri och Niedderer (1998) och Marton (1998) talar alla om att eleverna inte byter ut eller förfinar gamla tankestrukturer. De finner att eleverna använder flera olika tankemodeller parallellt när de talar om olika vardagliga fenomen.

Kärrqvist (1985, kapitel 10) beskriver i sin studie av kunskapsutveckling genom experimentcentrerade dialoger i ellära elevernas förklaringsmodeller i olika kvalitativa nivåer. Hon finner att eleverna i stort går mot högre och högre nivåer. Hon ser också att eleverna använder mo-

deller av lägre kvalitet i senare dialoger för att senare åter använda modeller av högre kvalitet igen. Enligt Kärrqvist kan detta bero på att vissa problem fungerar bättre än andra som en utmaning av elevernas förklaringsmodeller.

Taber (1998) visar hur en elev använder tre olika förklaringsmodeller för kemisk bindning i olika näraliggande kontexter. Han drar slutsatsen av sin studie, att elever har flera olika konceptuella ramverk, som används parallellt, och att eleven använder det ramverk som han/hon anser passar bäst för den aktuella situationen. Taber menar att det är ovanligt att en förklaringsmodell blir ensamt använd och ersätter alla andra som elever har. Tanken om multipla perspektiv i elevers föreställningar finns också hos Tytler (1998) i hans studie av yngre elever. Petri och Niedderer (1998) kommer i sin fallstudie om föreställningar om atomstruktur fram till, att det finns flera föreställningar samtidigt hos en elev.

Marton (1998) kommer fram till att lärande innebär att man breddar sin uppsättning av möjliga förklaringar. Man byter inte ut de gamla uppfattningarna utan behåller dessa bredvid nya modeller. Marton finner stöd för detta i Helldéns (1995) longitudinella studie. Trots att man kan se en tydlig utveckling av förståelsen återkommer elevernas personliga teman. Dessa teman är ofta inte naturvetenskapliga. De kan vara av strukturell och innehållslig natur, ofta hämtade från vardagslivet.

Helldén (2000) finner i sin longitudinella studie, att många elever år efter år använder samma kärnidéer när de ska förklara fenomen. Han har funnit, att bredvid den kontextuella variationen, så finns en personlig kontext som har betydelse för lärandet. Helldén tror att det öppnar stora möjligheter i undervisningen om elever får diskutera sin personliga förståelse och jämföra denna med andra sätt att förklara fenomen. Helldén menar att lärandet inte enbart kan beskrivas som deltagande i en social praktik utan att man också måste ta hänsyn till det som sker hos individen.

Många forskare, som i tidigare rapporter beskriver lärandet från ett individuellt perspektiv, har på senare år breddat sitt synsätt till att omfatta även lärande i samspel med andra. Driver och Oldham (1986) och övriga i CLIS-gruppen (Children's Learning In Science), utarbetade ett material som bygger på en konstruktivistisk syn på lärande för att användas i skolor. "Conceptual change" är en av hörnstenarna i ramen för materialet. Flera undersökningar där man studerar elevers föreställningar om vardagsfenomen och naturvetenskapliga begrepp har genomförts av CLIS-gruppen under en lång period. I "*Constructing Scientific Knowledge in the Classroom*" beskriver Driver, Asoko, Leach, Mortimer och Scott (1994) några andra undervisningsexempel, där lärande beskrivs som både individuellt och socialt. Den lärande tar till sig idéer och tankar från diskussioner och gör dessa förståeliga på sin egen nivå. Språket används av läraren som ett psykologiskt verktyg när man diskuterar vardagsfenomen. Dessa forskare använder sociala eller socialkonstruktivistiska perspektiv när de beskriver lärandet. Denna beskrivning av lärande kan anses vara mer komplett än den tidigare, eftersom den innehåller flera aspekter på lärande och kunnande. Fokuseringen på perspektivet lärande i samspel med andra kan också medföra att vi får ett bredare kunnande om lärande ur den enskildes perspektiv.

Edwards och Mercer (1995, s 125-162) talar om diskursens betydelse för hur man lär sig av sina erfarenheter. De studerar hur elever lär sig genom att arbeta med praktiska uppgifter och göra observationer. De studerar också hur eleverna bygger upp sina egna begrepp genom diskussioner med läraren. Edwards och Mercer försöker skilja mellan elevernas spontana inlägg



och de inlägg som kommer efter stimulering eller påverkan från läraren. Elevernas spontana bidrag definierades som att eleven lämnar information, förslag eller egna analyser utan att läraren lockar fram dem. De stimulerade inläggen ger eleverna efter direkt uppmaning eller fråga från läraren. Edwards och Mercer kommer i sin studie fram till att klassrumsdiskursen har stor betydelse för det gemensamma lärandet. De ser dels att eleverna visar mer av sitt kunnande och dels att deras lärande utvecklas genom lärarens frågor.

Edwards och Mercer sammanfattar sina slutsatser med att två eller flera individer kan bygga upp en gemensam kunskap, som de kan använda som kommunikativt redskap. De kommer också fram till att kontexten framför allt är ett mentalt fenomen. Jag tolkar Edwards och Mercers beskrivning som att de både talar om utvecklingen av individers kunnande och om hur lärandet sker i samspel med andra. Deras två nivåer i elevernas inlägg kan kanske också relateras till Vygotskys utvecklingszon.

Sammanfattningsvis kan konstateras att ett synsätt, som bygger på en kombination av lärande som en individuell aktivitet och lärande i samspel med andra, kan ge bättre förståelse av lärandet än enbart det ena eller det andra perspektivet.

## **2.4 Konsekvenser för min studie**

Mina slutsatser av genomgången av forskning om elevers lärande i naturvetenskap är, att lärande med fördel kan studeras både som en enskild aktivitet och som en aktivitet i samspel med andra. Jag ser kunnandet som en individuell aktivitet men kopplat till den diskurs den lärande befinner sig i. För många människor är det inte naturligt att använda sin kunskap i naturvetenskap när man talar om vardagliga fenomen i vardagliga sammanhang. Man kan möjligen ha flera olika förklaringsmodeller för ett fenomen beroende på vilken diskurs man befinner sig i.

Mitt sammansatta perspektiv på lärande får konsekvenser både för utformningen av den undervisning jag planerar i projektet och för de intervjuer jag genomför för att studera utvecklingen av elevers förståelse. Jag måste utforma situationer i undervisningen där enskilda elevers föreställningar utmanas, och där de bearbetar sina föreställningar i samspel med andra elever och med mig som lärare. Jag tar också hänsyn till Bruners tankar om att introducera naturvetenskapliga begrepp tidigt och att återkomma med nya exempel i någon form av spiralmodell vid introduktionen av nya begrepp. Under intervjuerna måste jag studera både elevernas spontana förklaringar och deras svar i samtal med mig. Under dessa samtal närmar vi oss en diskurs där man använder naturvetenskap för att tala om fenomen. Det framstår som viktigt att studera hur eleverna utvecklar sitt sätt att tala om fenomenen.

### 3 Materiabegrepp – forskningsbakgrund

Kunskaper om elevers föreställningar om naturvetenskapliga begrepp och deras förståelse av vardagliga fenomen är värdefulla för mig, när jag utformar både de undervisningsinslag och de intervjuer som jag planerar att genomföra i mitt projekt. Också när jag utformar och gör mina analyser av elevernas kunskaper har jag värdefull hjälp av tidigare forskning. Materiabegreppets historiska utveckling inom naturvetenskapen kan också ha betydelse liksom olika projekt om att introducera materiabegreppet i skolan.

I bilaga 1 finns en sammanställning av de artiklar jag hänvisar till i detta avsnitt. Jag har följande struktur på redovisningen av genomgången av elevers föreställningar om materia och dess förändringar:

- Vad är materia?
- Elevers föreställningar om vad som är materia
- Elevers föreställningar om materiens byggnad
- Undersökningar av elevers föreställningar om materiens förändringar
  - Fast, flytande och gas
  - Fasändringar och vattnets kretslopp
  - Att skilja på fysikaliska och kemiska förändringar
  - Elevers föreställningar om kemiska reaktioner
- Undervisningsexempel.

#### 3.1 Vad är materia?

Ordet materia kommer från ett latinskt ord som betyder *ämne* eller *stoff*. I Nationalencyklopedins trettonde band beskrivs under uppslagsordet *materia* hur ordet använts i olika betydelser inom filosofin. Platon uppfattade materien som tomt rum och inte som något som finns i rummet. Aristoteles skiljer mellan den formlösa substansen, materien, och formen. Till skillnad från materien kan de former som finns i naturen iakttas och därmed utgöra grund för vår kunskap. Inom fysiken har materiabegreppet diskuterats ända sedan antiken. En viktig fråga under historiens gång var om materien är kontinuerlig eller diskontinuerlig. I en kontinuerlig bild av materien är en koppartråd sammanhängande och likadan rakt igenom tråden, medan i en diskontinuerlig modell är koppartråden uppbyggd av partiklar som ligger med mellanrum mellan sig. Demokritos kom på 400-talet f Kr för första gången med en teori om att materien var uppbyggd av små partiklar, vilka han kallade atomer, som betyder odelbara. Föreställningen om att materien är kontinuerlig var ändå den dominerande ända fram till 1600-talet, då bl a Galilei tar upp Demokritos idéer igen. Galilei talar också om materiens primära och sekundära egenskaper. Till de primära hör sådant som vi kan uppleva, t ex läge, form och rörelse. De sekundära egenskaperna är sådana som vi bara kan föreställa oss, och Galilei tänker då på ämnenas minsta byggstenar. I den newtonska mekaniken karakteriseras materia av att den har tyngd och tröghet. På 1800-talet får atomismen, teorin om den diskontinuerliga materien, sitt genombrott främst genom Daltons insatser. Einstein utvecklade materiabegreppet till att omfatta ett samband mellan materia och energi. Under de senaste årtiondena har kunskapen om materiens uppbyggnad och egenskaper utvecklats mycket snabbt (Gerholm, 1994).

Kunnande om materia och om hur materia transformeras är viktigt t ex för att man ska kunna bedöma hur olika miljöfaktorer påverkar oss och vår omgivning. Alla effekter t ex av försurning och av korrosiva gaser orsakas av kemiska reaktioner. Förståelse av materiens kretslopp är central, för att vi ska kunna ta ställning till hur vi ska få en bättre hushållning med våra resurser i form av olika material. Den är också viktig för oss vid ställningstaganden i frågor som påverkar balansen mellan koldioxid och syre på jorden.

Fotosyntesen är en kemisk reaktion, där växter med hjälp av energi från solen bygger upp kolhydrater av vatten och koldioxid. Respirationen är en annan kemisk reaktion som ständigt pågår, t ex när vi andas men även i en kompost och i vanlig jord. Båda dessa processer är nödvändiga för att livet på jorden ska kunna fortleva. I vår kropp sker också ständigt olika kemiska reaktioner, t ex när vi spjälkar den föda vi förtär. Vid alla dessa exempel på kemiska reaktioner bildas ingen ny materia, utan det som sker är att materiens minsta byggstenar, atomerna, omgrupperas och då bildas nya ämnen.

Vardagserfarenheter ger elever otaliga tillfällen att träffa på olika material eller föremål och att se hur dessa förändras. Forskning om barns föreställningar kan vara att man studerar elevernas föreställningar om naturvetenskapliga begrepp och samband. Det kan också vara att man fokuserar hur elever använder kunskaper i naturvetenskap till att förklara vardagliga fenomen. Stavy (1995) menar att eleverna stöter på många olika ämnen och ser då att dessa ämnen kan förändras. Detta gör att eleverna spontant utvecklar tankar om materien och vad som händer med den. Många sammanställningar av barns föreställningar om materia, t ex "Children's ideas in Science" (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985) och "Making sense of secondary science" (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994) visar en komplex bild av hur elever utvecklar sin förståelsen av naturvetenskapliga begrepp. Krnel, Watson och Glazar (1998) menar att forskningen är splittrad och osammanhängande. Elevernas föreställningar om naturvetenskapliga begrepp studeras ofta separat och på olika nivåer, och man ser inte på de samband som finns mellan dem. Exempel på detta är t ex forskning om föreställningar om förbränning och kemisk reaktion. Bara några få studier går enligt Krnel et al. längre än att studera utvecklingen av förståelsen av naturvetenskapliga begrepp och sammanhang. Några forskare gör dock försök att studera utvecklingen av elevernas vetenskapliga tänkande. Johnson (2000 a) menar att man inte kan förvänta sig, att barn har ett naturvetenskapligt materiabegrepp innan de undervisats om detta. Vollebregt (1998, s 7) hänvisar däremot till flera studier där man funnit att barn tycks ha tankar om materiens uppbyggnad, innan de hört talas om partiklar.

### **3.2 Elevers föreställningar om vad som är materia**

Gränsdragningen mellan materia och icke materia har upptagit naturvetares och filosofers intresse under lång tid. Tidigare var det oklart om t ex luft, ånga, eld eller värme var materiella eller ej. I flera undersökningar om elevers föreställningar om materia tar man också upp denna problematik.

I en undersökning som Ruth Stavy (1991) har genomfört i Israel med elever i klass 1, 3, 5 och 7 finns många elever som menar att vätskor och gaser inte är materia. De menar att gaser är viktlösa och därför inte materia. Bakgrunden till Stavys undersökning är dels resultaten från liknande undersökningar genomförda under 1980-talet och dels att hon vill söka vägar att utveckla undervisningen i de naturvetenskapliga ämnena i israeliska skolor. Hon beskriver bakgrunden till sin undersökning i tre punkter:

- Materia är ett av de centrala begreppen inom naturvetenskapen – gränsen mellan materia och icke materia har intresserat naturvetare och filosofer genom historien.
- I kursplaner för israeliska skolor (junior high school) betonas materiens faser och materiens partikelnatur. I kursplanerna förutsätter man att eleverna har en vetenskaplig uppfattning om vad materia är.
- Studien ska undersöka hur elevers begrepp om materia utvecklas.

I Stavys undersökning ingår 20 elever från vardera gruppen: 6-7 år (årskurs 1), 8-9 år (årskurs 3), 10-11 år (årskurs 5) och 12-13 år (årskurs 7). Alla de 80 eleverna intervjuas.

Under intervjuerna får eleverna två uppgifter:

- Förklara begreppet materia – berätta vad som menas med materia och förklara det!
- Är detta materia eller icke materia? Eleverna får följande föremål att ta ställning till: en järnkub, en träbit, bomull, socker, mjöl, jord, kvicksilver, mjölk, vatten, blommor, människokroppen, luft, eld, elektricitet, vind, lukt, ljus, värme, skuggor. Intervjuaren konkretiserar genom att man tänds en tändsticka och pratar om eld och lukt presenteras genom att man har en tom och öppen parfymflaska som luktar strakt.

I sina förklaringar till första uppgiften ger eleverna exempel på

- materia – ofta material i fast form
- funktion – saker man använder för att tillverka föremål med
- sammansättning – något som är tillverkat
- egenskaper – materia är hård, har vikt, har volym, har färg
- materiel – t ex undervisningsmateriel som pennor, saxar m m.

När eleverna får sortera föremål i materia/icke materia är det lättast att placera in ämnen som i normala fall är i fast form och svårast med gaser och biologiskt material. Andelen rätta svar ökar kraftigt från 5:e till 7:e klass. Andelen icke materia som placeras som materia minskar från 30 % i 1:a klass ner till 5 % i 7:e klass. En stor andel av eleverna i samtliga åldersgrupper (ca 45 %) betraktar eld som materia. 40 % av eleverna i 7:e klass anser att vind är materia medan bara 5 % av dem anser att lukt är materia.

Stavy (1991) visar i denna rapport att elever har stora svårigheter att förstå materiabegreppet. Det visar sig både när de ska förklara vad materia är, och när de ska ta ställning till om ett konkret exempel är materia eller ej. För många elever är materia något man kan se och ta på. Hon drar slutsatsen av sin undersökning, att man bör vänta med att införa en partikelmodell för materiens byggnad tills eleverna är klara över att t ex gas är materia.

I sina förslag till hur man skulle kunna utveckla undervisningen menar Stavy (1991), att det är viktigt att man låter eleverna bearbeta sina föreställningar om vad som är materia. Man bör enligt Stavy då starta med exempel som elever själva betraktar som materia. Därefter diskuteras sådana exempel på materia där elever är osäkra om det är materia eller ej, t ex vätskor, biologiska material och gaser. Eleverna får ta ställning till om dessa ämnen har de egenskaper som är utmärkande för materia. Exempel på icke-materia diskuteras på samma sätt. Stavy menar att man i skolans undervisning ofta glömmer bort att belysa det som är grundläggande och elementärt inom naturvetenskapen. Hon avslutar sin rapport med att belysa problemet med att några naturvetenskapliga begrepp har en annan betydelse då vi använder dem i vårt vardagsspråk. Materia är ett av dessa begrepp.

I några projekt har man med framgång introducerat materia som ett vetenskapligt begrepp tidigt i skolan. I ett projekt, redovisat av Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer och Blakeslee (1993), arbetar man med det vetenskapliga materiabegreppet med elever på mellanstadiet. Redan i 10-11-årsåldern har barn olika grad av förståelse. För flera barn är ämnets vikt en viktig komponent i deras materiabegrepp.

I många studier, speciellt under senare år, lyfter man fram den betydelse som de vardagliga begreppen ämne, föremål och material har för förståelsen av materiabegreppet. Detta kopplas ofta samman med hur elever beskriver egenskaper hos ämnen och föremål. Krnel et al. (1998) gör en översikt över forskning om utvecklingen av elevers föreställningar om materiabegreppet. När det gäller att avgöra vad som är materia, så menar elever att materia kännetecknas av att den har vikt och volym. Ett problem som Krnel et al. upptäcker, är att eleverna inte har klart för sig skillnaden mellan olika begrepp som finns i anslutning till materiabegreppet: ”material”, t ex trä, ”ämne”, t ex cellulosa och ”föremål”, t ex en stol. De kopplar samman detta med Piagets (1972) och Piagets och Inhelders (1974, s 269-279) beskrivningar av intensiva och extensiva egenskaper. De intensiva egenskaperna som densitet, temperatur, reaktivitet m m har med kvaliteten att göra, och de extensiva som vikt, volym och storlek har med mängd eller omfång att göra. Krnel et al. menar att man använder sina föreställningar om egenskaper för att beskriva materien. När elever bygger upp sin materiabild använder de enkla beskrivningar, gör prototyper och enkla scheman för att t ex skilja mellan materia och ämne. Kemister karakteriserar ämnen med hjälp av egenskaper som också kan användas för att beskriva förändringar av ämnena. Stavridou och Solomonidou (1989) kommer i en studie fram till, att många elever saknar sådana referenspunkter. Då blir materia- och ämnesbegreppen osäkra och svåra att använda för eleverna.

Enligt Johnson (1996) är ämne inte ett isolerat och väldefinierat begrepp, och elever har svårt att förstå vad man menar med ett ämne. I sin studie behandlar han många begrepp som har anknytning till ämne. Han gör en begreppskarta med bl a material, föremål, rena ämnen, tillståndsform, fasändringar, kemisk reaktion, grundämnen, föreningar och partikelteori. Han betonar speciellt vikten av att göra klart skillnaden mellan material och föremål. Om man sågar sönder ett träbord så är det fortfarande trä men inte längre ett bord. Med ”material” menar han grundämnen, föreningar och blandningar och i termen blandningar inkluderar han blandningar mellan grundämnen och/eller föreningar.

Johnson (2000 a) har erfarenhet av att man inte kan förutsätta att barn har ett materiabegrepp ur naturvetenskaplig synvinkel innan man talat om detta i skolan. Hans slutsatser är att man måste arbeta mycket med förståelsen av att ett ämne bestäms av sina egenskaper. När elever talar om ett ämnes identitet talar de ofta om ämnets historia, t ex ursprunget, hur det bearbetats, vilka ämnen som blandats samman. De beskriver inte i första hand egenskaperna hos ämnet.

De flesta undersökningarna av barns föreställningar om materiens natur har frågor om vad som är materia och vad som inte är det. Andra behandlar huruvida materien är kontinuerlig eller består av partiklar. Om man talar om partiklar så diskuterar man hur de ser ut, hur stora de är, hur mycket de väger och vilken form de har. Briggs och Holding (1986) och Karpinsky (1995) talar också om hur partiklarna sitter i ämnen vid olika tillståndsformer och om sambandet mellan partiklarna på mikronivån och ämnets makroskopiska egenskaper.

Griffith (1994) har gjort en sammanställning över ”misconceptions” när det gäller materia. Se tabell 1.

Tabell 1 Elevers ”misconceptions” om materia (Griffith, 1994).

Misconception	Artikel
Bubblorna från kokande vatten är värmebubblor eller består av luft eller av syre och väte.	(Osborne & Cosgrove, 1983)
Värme och luft är materia.	(Lee et al., 1993)
När ett ämne löses upp upphör det att existera.	(Lee et al., 1993)
Materia är fasta ämnen – vätskor och gaser är inte materia.	(Stavy, 1990; Stavy, 1991)
Materia är uppbyggd av en materiell kärna och av icke materiella egenskaper som färg, lukt m m.	(Stavy, 1990)
Materia existerar endast om man kan se den.	(Stavy, 1990), (Stavy, 1991)
Materien kan vara viktlös.	(Stavy, 1990)
Biologiskt material är inte materia.	(Stavy, 1991)
Materien är kontinuerlig utan mellanrum.	(Novick & Nussbaum, 1981), (Stavy, 1990)

### Sammanfattning

I flera av de studier som redovisas ovan återkommer några slutsatser. Dessa visar att flera elever

- är osäkra på vad som är materia
- tycker att det som inte syns inte är materia
- tycker att det som man upplever inte väger något inte är materia
- tycker inte att biologiskt material är materia
- blandar samman materia, material och ämne
- har svårigheter att beskriva egenskaper hos ämnen.

### **3.3 Elevers föreställningar om materiens byggnad**

Piaget och Inhelder (1997, s 81-97) finner en spontan utveckling av atomism hos barn. De beskriver detta med utgångspunkt från hur elever förklarar upplösning av socker i vatten. Den spontana partikelmodellen hos barn innebär, att de talar om att synliga sockerkorn delas i mindre och mindre delar. Det första steget i en beskrivning av elevers partikeltänkande innebär att synliga sockerkorn upphör att existera när de inte syns längre. I nästa steg har eleverna enligt Piaget och Inhelder en primitiv atomär uppfattning. Denna innebär att kornen finns kvar men är osynliga partiklar, och att sockersmaken finns i dessa osynliga korn. I nästa steg tillkommer att partiklarna har vikt. I fjärde steget skiljer eleverna mellan å ena sidan sockerbiten med socker där det är mellanrum mellan kornen och å andra sidan sockret i sockerkornen som inte har några mellanrum.

Novick och Nussbaum (1978, 1981) undersöker vilka partikelmodeller som 13-14-åringar har. De ber eleverna förklara den ”vita rök” som bildas då ammoniakgas och saltsyregas reagerar.

Av dem som har en partikelmodell i sina förklaringar, tror 55 % att den vita röken är en kombination av gaserna och 30 % att gaserna blandas. Bland dem som inte har en partikelmodell är motsvarande 18 respektive 51 %. Novick och Nussbaum har fem komponenter i sin modell över gasers partikelnatur som de inriktar sin studie på:

- gaspartiklarna finns fördelade slumpvis inom det slutna systemet
- gaspartiklarna är i ständig rörelse
- uppvärmning och avkylning ändrar partiklarnas rörelse
- kondensation kan ses som ändring i partikeltätheten
- det är tomrum mellan gasens partiklar.

De finner att många elever har svårt att ta till sig viktiga delar av partikelmodellen. Eleverna har stabila uppfattningar av materien som varande statisk och kontinuerlig. Därför strider den partikelmodell som presenteras i skolan mot deras föreställningar om materia. Nussbaum (1985) anknyter till denna studie och menar att de osynliga partiklarna är den första komponenten i elevernas partikelbegrepp. Mer än 60 % av eleverna i Novicks och Nussbaums studie talar om att partiklarna är osynliga. Man borde kunna utgå från osynliga bakterier och virus som eleverna ofta känner till, när man introducerar de osynliga partiklarna. Denna egenskap hos partiklar måste kopplas samman med andra som t ex att det är tomrum mellan partiklar, att partiklar rör sig och att det är interaktion mellan partiklar.

Novick och Nussbaum (1978) låter också eleverna beskriva med en bild vad de skulle se om de tittade in i röken med magiska glasögon. De kommer fram till att, det är viktigt att man tar fram material där elever får träna att använda och utveckla ett modelltänkande.

Flera studier visar på brister i elevernas förståelse av tillämpningen av ett partikelbegrepp för att förklara vardagliga fenomen. Gabel, Samuel och Hunn (1987) visar att flera lärarstuderande tror att partiklarna blir större och större från fasta ämnen till vätska och till gas. Novick och Nussbaum (1978) finner i sin studie att 12-15-åringar menar, att det inte finns något mellanrum mellan atomer i fasta ämnen.

Renström (1988, s 96-202) genomför en fenomenografisk studie av elevernas föreställningar av materia. Eleverna, 13-16 år, får vid de kliniska intervjuerna några ämnen i fast form, vätskeform och gasform. De fasta ämnena är salt, järn, aluminium och trä, vätskorna vatten och olja och gaserna luften i rummet, syrgas och koldioxid i tuber. Ämnena placeras ett och ett framför eleven som får frågan: "*Vet du vad detta är för något?*". Eleverna uppmanas att rita bilder till det de berättar. Renström finner sex kvalitativt olika föreställningar hos eleverna om materiens byggnad:

- Ämnet är homogent och inte avgränsat från andra ämnen.
- Ämnet består av avgränsade enheter som kan förekomma i mer än en tillståndsform.
- Ämnet innehåller små atomer, men det finns inget klart samband mellan ämnet och atomerna.
- Ämnet består av aggregat av partiklar som hålls samman.
- Ämnet består av odelbara partiklar som har egenskaper som t ex laddning, storlek, massa.
- Ämnet består av system av partiklar med vars hjälp man kan förklara egenskaper hos ämnet.

Flera rapporter illustrerar de svårigheter som elever har att skilja mellan mikroskopiska partiklar och ämnets makroskopiska egenskaper. Ben-Zvi, Eylon och Silberstein (1988) visar att elever ser en kopparatom som en mycket liten bit kopparplåt och en kvicksilveratom som en mycket liten kvicksilverdroppe. Stavriadous och Solomonidou (1989) drar slutsatsen av sin undersökning att alla förklaringar som elever använder, är av makroskopisk karaktär – eleverna använder inte förklaringar som bygger på materiens partikelnatur. I allmänhet har eleverna svårt att utveckla en adekvat förståelse av kemisk reaktion mellan ämnen, innan de förstår vad reaktionen innebär på atom och molekylnivå. Eleverna i deras studie är 8-16 år.

Vid en konferens i Utrecht 1990 om materiens makroegenskaper och partikelmodeller inom undervisningen i naturvetenskap rapporterar flera forskare från sina projekt om att söka vägar att introducera partikelmodeller för materiens byggnad. Studierna har flera olika utgångspunkter, exempelvis historisk filosofisk vetenskapsteori, didaktisk forskning och praktiska undervisningsexempel.

Meheut och Chomat (1990) presenterar vid denna konferens en undersökning av hur 13-14-åringar kan bygga upp en partikelmodell för materiens byggnad. Studien inleds med att de utmanar elevernas föreställningar om gaser. Därefter får eleverna använda sina partikelmodeller för att förklara några olika fenomen. Man går sedan vidare med vätskor och fasta ämnen på samma sätt. Data samlas in från elevernas anteckningar och från videoinspelningar av lektioner. De finner förklaringar hos eleverna, som t ex innebär att oföränderliga partiklar bygger upp materien, att mellanrummen mellan partiklarna i en gas är stora i förhållande till partiklarnas storlek och att skillnader i egenskaper hos materien kan förklaras med partiklarnas rörelse. Meheut och Chomat använder luft och andra gaser i sin studie. De väljer exempel där sambandet mellan gasers tryck och volym ingår, och där två olika gaser diffunderar in i varandra. De kritiserar Piagets analys av utvecklingen av atombegreppet hos 6-13-åringar. De anser att hans modell från en atomär synvinkel är ytlig och inte inkluderar alla de nödvändiga delarna från den naturvetenskapliga modellen. Meheut och Chomat presenterar olika fenomen för eleverna och förväntar sig att dessa ska konstruera en partikelmodell som kan förklara det de ser. Existensen av partiklar ”lockas” emellertid inte fram utan presenteras i inledningen bland några olika förslag till modeller.

De Vos (1990) gör en psykologisk innehållsorienterad analys. Han tar också in kopplingar till den historiska utvecklingen av atombegreppet. De Vos understryker vikten av att man identifierar och formulerar vilka av de makroskopiska egenskaperna som kan användas för att förklara den mikroskopiska världen och vilka som bör undvikas. Han jämför med exempel från naturvetenskapens historia. De Vos lyfter fram fem egenskaper i den makroskopiska världen som han funnit vara de som kan användas för att beskriva partikelvärlden. Dessa egenskaper är enligt de Vos: massa, volym, tid, mekanisk energi och elektrisk laddning. Eftersom modellen bygger på dessa kan de inte förklaras med partikelmodellen. Däremot kan den modell som bygger på dem användas för att förklara andra egenskaper t ex temperatur, färg och kemisk bindning. Han skriver också om introduktion av en partikelmodell för elever i 10-12-årsåldern. De Vos menar, att det viktiga inte är hur den partikelmodell man arbetar med ser ut, utan att eleverna blir klara över vad det innebär att använda denna modell.

Griffith och Preston (1992) finner följande ”misconceptions” i en intervjustudie med 16-18-åriga elever:

- Vattenmolekyler innehåller andra atomer än syre och väteatomer.



- Vattenmolekyler innehåller olika många atomer och kan vara olika stora.
- Vattenmolekyler har makrostorlek och kan vägas.
- Vattenmolekyler kan se ut på olika sätt beroende på temperaturen.
- Det finns inga tomrum mellan vattenmolekylerna i is.
- Andra ämnen finns mellan atomerna i ett ämne.
- Atomer är levande eftersom de rör sig.

Ämnets egenskaper på makronivå speglar elevernas bild av de partiklar som bygger upp ämnen.

Lee et al. (1993) har sin utgångspunkt i att elevers förståelse av partikelmodellen är avgörande för förståelsen av fysik, kemi, biologi och geologi. Den kinetiska partikelmodellen är utgångspunkt för att förstå att det finns molekyler, lika väl som att den är ett verktyg för att förklara det man har i sin omgivning. Den kinetiska partikelmodellen kan enligt Lee et al. kortfattat beskrivas: materia består av små partiklar som heter molekyler och som är i ständig rörelse. Ett syfte med en longitudinell studie som Lee et al. gör, är att de vill göra klart för sig vilka begrepp elever i sjätte klass använder för att förklara materiens natur. De studerar om eleverna kan använda ordet molekyl för att göra detta. I studien ingår 15 klasser med 12 olika lärare. Man följer klasserna under 2 år. Data samlas in dels genom enkäter och dels genom kliniska intervjuer. Eleverna får arbeta med följande typer av uppgifter:

- sortera i materia respektive icke materia
- beskriva materiens faser
- förklara vad som händer när ett ämne löses upp
- förklara gasers utvidgning och kompression
- förklara värmeutvidgning
- förklara smältning och frysning
- förklara kokning och avdunstning
- förklara kondensation.

Vid bearbetning av materialet studeras hur eleverna använder makroskopiska och molekylära aspekter i sina förklaringar. Många elever som inte känner till någon partikelmodell beskriver materien som om den är uppbyggd av synliga partiklar. Lee et al. finner bl a följande föreställningar hos eleverna:

- det finns andra ämnen mellan atomerna
- molekyler är ungefär lika stora som celler och bakterier
- molekyler rör sig inte hela tiden
- molekyler, som gaser och vätskor består av, rör sig, men det gör inte molekyler som fasta ämnen består av
- när ett ämne värms upp utvidgas molekylerna och de blir varma.

Det finns en motsättning mellan elevernas naiva förklaringar och de naturvetenskapliga begreppen. Lee et al. (1993) slår fast att de har funnit hur till synes enkla sammanhang bereder elever stora svårigheter. Elever ställer sig frågande till vad materia är för något, vilken roll molekylerna har i förhållande till materien och om materien finns mellan molekylerna eller

om molekylerna är materien. De rörliga partiklarnas uppträdande stämmer inte överens med elevernas erfarenheter av föremål i rörelse.

Whiteley (1993) redovisar en undersökning bland elever i åldrarna 14-18 år. Eleverna får ta ställning till om olika påståenden är sanna eller falska, exempelvis till följande påstående: ”I en behållare med syrgas är det vakuum mellan syrepartiklarna”. Han kommer fram till, att eleverna har många olika alternativa förklaringsmodeller som ofta innebär, att de ger makroskopiska egenskaper till de mikroskopiska partiklarna. Whiteley kommer fram till att de icke-intuitiva aspekterna på den kinetiska partikelmodellen är svåra att acceptera för eleverna och att lärarna måste bli medvetna om dessa problem.

I den svenska nationella utvärderingen av no-undervisningen i grundskolan 1992 får de 15-åriga eleverna ta ställning till några olika förklaringar till vad som orsakar lukt. Endast 16 % av eleverna ger en nöjaktig förklaring, dvs att molekyler från ämnet sprider sig åt alla håll och tränger in i näsan. Ca 60 % gav en förklaring på makronivå, där vi t ex känner lukten av de ångor som utsänds med näsan. Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist (1993a) menar, att denna typ av problemställningar har stort undervisningsvärde när det gäller materiens partikelnatur, men också när det gäller kopplingen till förståelse av debatten om miljöfrågor som t ex molekylära sopor i atmosfären.

De Vos och Verdonk (1996) undersöker sambandet mellan karaktären av partikelmodeller i naturvetenskapens värld och karaktären av partikelmodeller i skolans no-undervisning. Innehållet i no-undervisningen har sitt ursprung i naturvetenskapen. Lärare använder både pedagogiska och vetenskapliga motiveringar för att rätta till elevers föreställningar. Dessa sammanfaller inte alltid. Man måste göra ett urval där man tar hänsyn både till relevant stoff och till relevans för undervisning och lärande. De Vos och Verdonk menar att partikelbegreppet är ett bra exempel på den spänning som finns mellan å ena sidan att moderna teorier är för svåra att ta till sig, och å andra sidan att de modeller som eleverna förstår, anses för naiva eller falska. I artikeln söker man en kompromiss mellan vetenskaplig acceptans och hänsyn till undervisning av elever i skolan.

Nakhleh och Samarapungavan (1999) undersöker 7-10-åringars spontana förståelse av materiens partikelnatur innan de haft någon undervisning där man arbetat med dessa frågor. Intervjuerna består av uppgifter vilka innebär beskrivning av ämnen samt egenskaper hos och kunskaper om atomer och molekyler. De finner att tre av de femton eleverna beskriver materia som kontinuerlig, nio som makropartikulär och tre som mikropartikulär. När eleverna beskriver vad som händer när socker löses i vatten, har alla elever uppfattningar som innebär att socker består av små partiklar. Nakhleh och Samarapungavan konstaterar, att olika forskare har kommit fram till mycket olika slutsatser beträffande sambandet mellan de teoretiska strukturer eleverna bygger upp och de vardagstankar de har. Deras slutsats är att det inte finns något sådant samband. De menar att man måste undersöka vilka möjligheter elever i den här åldern har att ta till sig och använda ett partikeltänkande för materiens byggnad. Detta är svårt även för äldre elever. Motviljan hos forskare och lärare mot att introducera den mikroskopiska världen bygger på uppfattningen att elever tänker konkret, och att atomernas värld är långt från elevernas tankevärld. Att förstå den mikroskopiska världen är inte främst en fråga om utveckling av förståelsen utan mer en fråga om att använda sin fantasi för att gå från den makroskopiska världen till den mikroskopiska. De menar att detta talar för en tidigare introduktion av ett partikelbegrepp.

Det har gjorts flera studier av hur elever kan använda en enkel partikelmodell för att förklara vardagsfenomen, men man har ofta kommit till olika slutsatser. Några forskare menar att även unga elever kan använda denna modell (Novak & Musonda, 1991; Nussbaum, 1993). Andra menar att eleverna använder modellen men de ger partiklarna makroegenskaper (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994, kapitel 2:11). Scott (1992) förvånas över att flickan i hans fallstudie redan tidigt är klar att börja arbeta med och fundera över partikelidéerna, detta trots att hon inte tänkt så mycket på de här sakerna tidigare. Många menar att barns föreställningar är osammanhängande, fragmentariska och tillfälliga (BouJaoude, 1991; Claxton, 1993; Solomon, 1992, kapitel 1), och att elevernas svar ibland är ett resultat av den press som intervjusituationen utgör (Edwards & Mercer, 1995, s179-181). Fensham (1994) menar att användningen av partikelmodellen medför så många svårigheter att han förordar att man bör vänta med att undervisa om den. Lichtfeldt (1996) pekar på att en brist i många studier är att de inte följer enskilda elevers långsiktiga utveckling. Johnsons (1998) slutsats är att en enkel partikelmodell är tillräcklig för att utmana elevernas föreställningar. Man behöver inte skilja mellan olika typer av mikropartiklar, och man behöver inte heller tänka på atomens struktur.

### Sammanfattning

Forskningen om barns föreställningar om materiens byggnad leder inte fram till ett entydigt resultat. Många forskare kommer fram till att elever har ett partikeltänkande men att de ger sina partiklar makroskopiska egenskaper och att elevers partikelmodeller är olika utvecklade. Andra menar att de primitiva modellerna kan vara ett steg mot en utvecklad partikelmodell. Några anser att det är viktigt att en enkel partikelmodell introduceras tidigt, medan andra kommer fram till att man ska vänta tills eleverna kan ta till sig en modell som är nära naturvetenskapens partikelmodell.

## **3.4 Undersökningar av elevers idéer om materiens förändringar**

Skillnader mellan kemiska reaktioner och fysikaliska förändringar introduceras ofta tidigt i no-undervisningen. Eleverna ska kunna känna igen om vardagsfenomen är det ena eller det andra. För kemisterna är det ofta lätt att kategorisera de flesta transformationer men för elever innebär det ofta stora svårigheter. Det visar sig att det inte är enkelt att skilja på kemiska reaktioner och fasändringar. Stavridou och Solomonidou (1998) menar att många tidigare studier visar att elevernas förståelse inom detta område är mycket ytlig och begränsad. Under intervjuer med elever (12-18 år) upptäcker de, att flera lärare inte heller skiljer på de båda begreppen. Som exempel nämns att lärare beskriver is och vatten som två olika ämnen. När isen smälter sker enligt detta sätt att se därför en kemisk reaktion.

### **3.4.1 Fast, flytande och gas**

Fasändringar är exempel på fysikaliska förändringar som materien genomgår. För att förstå dessa transformationer behöver eleverna känna till vad som är utmärkande för materiens tre tillståndformer: fast, flytande och gas. Många undersökningar har genomförts, där man studerat hur eleverna beskriver vad som är utmärkande för ett fast ämne, en vätska och en gas.

När elever beskriver skillnader mellan fasta ämnen, vätskor och gaser talar de ofta om skillnader i densitet, genomsläpplighet, temperatur, torrhet och synlighet (Vollebregt, 1998 s 66-67). Stavy (1991) fastslår att barn inte spontant brukar klassificera ämnen som fasta och flytande men att användningen av dessa begrepp ökar med åldern. Barn känner igen likheter mellan två vätskor tidigt liksom mellan fasta ämnen som är stela. Pulverformade ämnen klas-

sar många som vätskor. I en studie av Stavy och Stachel (1985) framgår också att elever inte spontant utvecklar ett gasbegrepp före undervisning om ett sådant. Detta kan bero på att eleverna inte har så många vardagliga erfarenheter av gaser.

Scott (1992) ber den flicka han har i sin fallstudie att förklara skillnaden mellan fasta ämnen, vätskor och gaser. Hon säger att fasta ämnen ser ut på samma sätt rakt igenom, och att de inte kan ändra utseende så lätt. I vätskorna finns det mellanrum som är fyllda med luft. Detta använder hon för att förklara, att när man håller en vätska i en ny skål, så får vätskan samma form som den nya skålen. Hon tror att gaspartiklarna ligger långt från varandra, och att detta gör gaserna lätta och mjuka. Gaser finns i atmosfären och kan inte samlas upp i ett kärl.

Krnel (1995) redovisar i en studie hur elever i åldern 9-13 år (årskurs 3, 5 och 7) beskriver materiens faser med hjälp av enkla handlingar man kan utföra med dem:

- man kan hålla en vätska
- man kan blåsa luft (en gas)
- man kan hålla i ett fast ämne.

Eleverna i studien får i uppgift att kombinera ett antal föremål så att de som har något gemensamt kommer i samma grupp. De får också i uppgift att motivera varför de grupperar föremålen som de gör. Detta kompletteras med att de får berätta vad man kan göra med föremålen.

Exempel på hur eleverna grupperar föremålen är

- fast, flytande gas – vanligast i årskurs 5, 7
- slag av material, som luft, vatten, trä – vanligast i årskurs 5
- användning (för tillverkning, flytande, blommande, att äta) – vanligast i årskurs 3 och denna metod minskar med stigande ålder
- relationer – föremålen är naturliga respektive konstgjorda
- uppfattning – ser likadana ut eller har samma färg.

På frågan om vad man kan göra med fasta ämnen, vätskor respektive gaser får de följande svar:

- fasta ämnen kan inte hållas, är hållbara, kan brytas, vidröras, delas, pressas, formas och göras en hög av
- vätskor kan hållas, drickas, rinna, tvättas med, röra sig, droppa
- gaser kan vi blåsa, andas, men vi kan inte röra dem.

De yngre barnen blandar samman begreppen fasta ämnen och hårda ämnen. Några kallar fasta ämnen för "icke-vätskor". Elever använder många olika kännetecken för att beskriva fasta ämnen. De flesta handlar om t ex hårdheten eller formen hos dem, om de smälter lätt samt om man kan se och röra dem. Krnel (1995) lyfter också fram att betydelsen av "fast ämne" försvåras i vissa språk av att fast innebär att ämnet är massivt. De flesta av de ingående eleverna i studien av Lee et al. (1993), beskriver fasta ämnen som tunga och hårda.

Johnson (1995, avsnitt 4.2, 1996) finner att alla elever utan svårighet kan klassificera en nål och ett träblock som fasta ämnen, men att hälften av dem säger att stålull och sågspån inte är fasta ämnen. De säger att fasta ämnen inte är ihåliga men har bestämd form samt är hårda och starka. Elever fokuserar föremålet men kemister ämnet. Begreppen har en annan betydelse i kemins språk än i elevernas vardagsspråk. "Rent ämne" är ett annat begrepp där vardagsbetydelsen inte stämmer med kemins språk, och som därför måste diskuteras tidigt enligt Johnson.

Vi måste vara tydliga med vad vi menar med termerna. Ett problem med att diskutera ämnenas faser vid rumstemperatur är, att elever kan tro, att fasta ämnen, vätskor och gaser av samma ämne är olika slags ämnen. Johnson föreslår att man ägnar mer kraft åt att diskutera ämnesbegreppet tidigt, så eleverna har större möjlighet att utveckla denna centrala del av kemien.

Vätskebegreppet tycks vara mycket enklare för eleverna än begreppen fasta ämnen och gaser. Vätskor är rinnande och eleverna får tidigt en prototyp för vätskor i form av vatten som de känner igen (Krnell et al., 1998; Lee et al., 1993; Piaget & García, 1974, s 32)

Piaget (1973, kapitel 5) finner att barn känner till luft men inte att luft är en gas. Gaser är för många av dem avgaser, gas till gasspisar och illaluktande gaser. Séré (1985) studerar 11-13-åringars föreställningar om gaser, bl a studerar hon deras föreställningar om luft och om egenskaper hos luft och andra gaser. Eleverna menar att luft bara finns när den rör sig. Hon föreslår att man ska börja med att diskutera luft i rörelse från olika aspekter. Eleverna ger också luften mänskliga egenskaper. Den blir trött eller att den slutar trycka.

### Sammanfattning

Eleverna i de redovisade studierna över hur de ser på begreppen fast, flytande och gaser, har ofta ett klart begrepp om både fasta ämnen och vätskor. Att hårda ämnen tillhör fasta ämnen är enkelt, men pulverformiga ämnen och mjuka ämnen är ofta lite svårare att placera. Många elever har vatten som en prototyp för vätskor. Elever har inte så många erfarenheter av gaser, och det kan vara orsaken till att deras kunskap och medvetenhet om gaser är mera oklar. En bidragande orsak till detta kan vara, att de inte uppfattar luft som en gas. Luften har ingen lukt eller färg. Den märks inte på samma sätt som en vätska eller ett fast ämne.

### **3.4.2 Fasändringar och vattnets kretslopp**

Osborne och Cosgrove (1983) använder kliniska intervjuer för att studera vilka begrepp elever mellan 12 och 17 år har om vatten som ändrar aggregationstillstånd. En av de situationer som man diskuterar med eleverna är vad som händer med vattnet på ett tefat som diskas och som sedan får stå på tork. Eleverna får fyra alternativa förklaringar att ta ställning till:

- Vattnet går in i tefatet.
- Vattnet torkar upp och finns inte kvar längre.
- Vattnet sönderdelas till syre och väte och försvinner ut i luften.
- Vattnet går ut i luften som små vattenpartiklar.

Omkring 20 % av de intervjuade 12-13-åringarna tror att vattnet upphör att finnas till när fatet torkar. Denna andel är lägre för de äldre eleverna. Ungefär lika stora andelar (40 %) av 12-13-åringarna tror att vattnet sönderdelas i syre och väte som att det försvinner ut i luften som små vattenpartiklar. Bland 16-17-åringarna har ca 75 % förklaringar som går ut på att vattnet försvinner ut i luften som små vattenpartiklar. Resten tror att vattnet sönderdelas till väte och syre. Osborne och Cosgrove (1983) studerar också elevernas föreställningar om kokning och kondensation. De finner bl a följande uppfattningar hos eleverna:

- När vattenånga kondenseras kombineras syre och väte till vatten.
- Bubblorna från kokande vatten är värmebubblor eller består av luft eller av syre och väte.
- När vatten kokar separeras syre och väte.
- Kondenserat vatten på utsidan av ett glas med vatten har sipprat ut genom glaset.

Osborne och Cosgrove menar att läraren måste ta reda på elevernas föreställningar och utforma undervisningen med utgångspunkt från dessa. De föreslår också att eleverna ska få tillfälle att själva undersöka fenomen och de ska utmanas att pröva sina föreställningar.

Det finns flera undersökningar om yngre elevers föreställningar om vattnets kretslopp och de fasövergångar som sker i samband med att moln och regn bildas. Piaget (1973, kapitel 9 § 5) genomför en undersökning, där han ber elever förklara var regnet kommer ifrån och sambandet mellan moln och regn. Han finner då flera stadier av förståelse hos sin grupp av elever. Regnet görs av människor eller Gud, moln består av rök och moln består av vatten eller ibland av luft. Han finner också att för vissa elever finns inget samband mellan moln och regn. Andra elever säger att molnen är en förvarning om att regnet är på väg.

Zárour (1976) låter ett antal libanesiska barn i åldern 6-9 år svara på frågan ”Finns regnvattnet innan det blir regn?” Hon finner då bl a teleologiska förklaringar till varför det regnar – det regnar för att växterna behöver vatten.

Bar (1989) redovisar studier om barns uppfattning om hur det blir regn och om vad som händer med vatten som spills på golvet. Hos de yngsta barnen finns ofta föreställningar om att moln och regn är resultat av mänskliga aktiviteter eller av Guds handlande. Det finns ingen koppling till avdunstning utan bara beskrivningar av det som händer. Andra elever skriver bara om frågan när de ska förklara hur det blir regn. Förklaringarna utvecklas från det konkreta beskrivandet hos yngre elever till en mer abstrakt beskrivning för de äldre eleverna. Redan i 9-årsåldern har barn föreställningar som bygger på vattnets kretslopp. Bar kommer fram till att man i skolan ska acceptera och erkänna varje elevs föreställningar. Man ska utgå från dessa, när man talar om vardagliga fenomen, som t ex hur det blir regn.

Kesidou (1993) behandlar de slutsatser man dragit av tidigare forskning om barns föreställningar om vattnets kretslopp under arbetet med Science for all Americans (Project 2061, 1993). Hon menar att tidigare forskning stöder att man, för att förstå vattnets kretslopp, måste förstå flera olika naturvetenskapliga begrepp, såsom materiens konservering, avdunstning, kondensation, molnbildning och regn. Kesidou rekommenderar, att elever tidigt ska komma i kontakt med företeelser där man utmanar deras föreställningar om avdunstning, kondensation och konservering av mängden materia. Med utgångspunkt från situationer med vatten utmanas elevernas föreställningar om dessa begrepp. Hon menar däremot, att man inte bör behandla det totala kretsloppet för vatten förrän eleverna är 14-15 år.

Brody (1993) ställer sig frågan: ”Finns det någon relevant forskning om vattnets kretslopp?”. Han menar att man kan se, att de flesta barn har en viss förståelse av vattnets kretslopp och av de begrepp som har med detta att göra. Man kan sammanfatta detta med att elever kan förklara kretsloppet genom att tala om vatten som ånga och vätska utan att nämna något om fasändringar. Det finns ett klart samband mellan barns missuppfattningar av fysikaliska begrepp och hur de förklarar naturliga fenomen. Brody menar att man gör fel genom att reducera fenomenet till att omfatta några få begrepp. Man förlorar då den tvärvetenskapliga aspekten. För att förstå vattnets kretslopp är det ur fysikalisk synvinkel lika viktigt med förståelse av kondensation som av nederbörd. Vattnets fasändringar är centrala för förståelsen av kretsloppet. Geovetenskapliga aspekter, som t ex kunskaper om atmosfären och grundvattnet, är också viktiga att belysa. Växternas transpiration är en av de biologiska aspekter som har betydelse för förståelsen av vattnets kretslopp. Brody menar att lärare och elever måste välja exempel från verkliga livet. Det är dessa som är viktiga för oss människor, och där har man också en för-

förståelse. Brody understryker i sina slutsatser vikten av att elever får samtala om fenomen, och att de får uttrycka sig skriftligt lika väl som att de får illustrera sina tankar i bild. Han lyfter fram användningen av begreppskartor som en viktig aktivitet för att öka elevers förståelse av vardagsfenomen.

I en longitudinell undersökning studerar Helldén (1993) hur eleverna beskriver olika kretslopp i ett slutet terrarium. Redan tidigt kommer de in på tankar om materiens kretslopp och då framförallt vattnets. När tioåringarna ser vattendropparna, som bildas på locket till förseglade plastboxar med jord och växter, utmanas deras föreställningar, så att de konstruerar egna modeller för vattnets kretslopp. De beskriver då bl a hur vattnet avges från växter och hur det avdunstar och sedan kondenseras. De förstår att det kondenserade vattnet måste komma någonstans ifrån och med hjälp av detta kan de konstruera sin egen modell för vattnets kretslopp. Vattnets gasfas är svår för eleverna att förstå. Man kan inte se vattenånga men resultatet av kondensationen i form av vattendroppar är tydligt.

Eskilsson och Lindahl (1996) genomför en undersökning med elever från årskurs 2-9, gymnasieskolan samt studenter i lärarutbildningen, där deltagarna uppmanas förklara hur det blir regn. Framförallt barnen på låg- och mellanstadiet svarar med sitt vardagsspråk. Ju äldre barnen är, desto fler blir de vetenskapliga orden i språket, ibland utan att eleven förstår vad de betyder. Många av svaren tyder på att eleverna inte förstår skillnaden mellan gasen vattenånga och vätskan vatten. Eskilsson och Lindahl föreslår att man ska utgå från vardagsfenomen som eleverna känner till i no-undervisningen. Man ska också begränsa antalet begrepp i skolans undervisning i naturorientering, så att man kan arbeta mer med de centrala begreppen. När det gäller vattnets kretslopp och frågan om regnet föreslås följande begrepp: vattnets faser, fasövergångar och temperatur samt kretslopp.

### Sammanfattning

Piagets studie (1973, kapitel 9 § 5) av hur elever förklarar hur det blir regn har följts av flera studier med liknande frågeställningar. Regnet är ett vardagsfenomen som är så nära oss, att våra vardagsföreställningar kanske är extra starka när vi ställs inför uppgiften att förklara det. Slutsatserna i flera av dessa studier är att elever behöver ha kunskaper om några grundläggande naturvetenskapliga fenomen för att utveckla sina vardagskunskaper. Exempel på sådana är att vattnet kan finnas som is, vatten och vattenånga. Det är viktigt att eleverna får bygga upp sina egna modeller av avdunstning och kondensation. Molnens betydelse för hur regn bildas är inte heller självklar för eleverna. Det är också viktigt att man inte diskuterar frågan om regnet som ett rent naturvetenskapligt fenomen.

### **3.4.3 Att skilja mellan fysikaliska och kemiska förändringar**

Vattnets fasändringar är exempel på fysikaliska förändringar och då bildas inga nya ämnen. Många andra transformationer av materia innebär kemiska reaktioner då nya ämnen bildas. Denna skillnad är central när man ska förstå materiens transformationer. Det är därför av intresse att se på studier, där elever har i uppgift att ta ställning till om ett fenomen är exempel på en fysikalisk förändring eller en kemisk reaktion.

Hesse och Anderson (1992) påpekar att skillnaden mellan fysikalisk förändring och kemisk reaktion är mycket mer komplex än vad lärare och läromedelsförfattare föreställer sig. Att förstå den skillnaden innebär stora förändringar i elevers begreppsförståelse.

Pella och Voelker (1967) har undersökt elevers föreställningar om fysikalisk förändring och kemisk reaktion. I ett förtest inriktar de sig på hur eleverna, som är 7-11 år gamla, uppfattar begreppen och vad de står för. Man presenterar sedan sex olika demonstrationer, där exemplen parvis visar en kemisk reaktion tillsammans med en fysikalisk förändring. I utvärderingen använder man sig av fyra olika kategorier i elevernas förståelse. Eleven

- kan skilja på begreppen fysikalisk förändring och kemisk reaktion
- kan klassificera ett fenomen som demonstreras eller förklaras som fysikalisk förändring eller kemisk reaktion
- kan motivera sin klassificering på ett riktigt sätt
- ser behovet att besvara frågan om det bildas ett nytt ämne eller ej.

Pella och Voelker kommer i sin undersökning fram till följande slutsatser beträffande elevers förståelse av fysikalisk förändring och kemisk reaktion:

- det är bra att eleverna själva får komma fram till egna kriterier för skillnaden mellan begreppen
- det är ingen större skillnad mellan olika elever när det gäller att klassificera exemplen som fysikalisk förändring eller kemisk reaktion
- förståelsen av begreppen är mycket högre bland de äldre eleverna än bland de yngre
- eleverna i de här åldrarna ställer inte frågan om det bildas ett nytt ämne eller ej.

Pella och Voelker (1967) föreslår att man ska börja klassificera händelser med hjälp av dessa båda begrepp från årskurs 6 då eleverna är 11-12 år gamla. De menar också, att det är bättre att diskutera många exempel där begreppen belyses än att definiera begreppen utan koppling till kända situationer.

I några studier fokuserar man hur elever beskriver det som sker när ett ämne påverkar ett annat som vid kemiska reaktioner eller då ett ämne löses upp i vatten. Det är vanligt att eleverna då beskriver detta med utgångspunkt från det ena ämnet. Holding (1987) kommer fram till att eleverna ofta fokuserar vad som sker med det ena av de två inblandade ämnena, när de beskriver det som sker. Det tycks vara svårt för elever att ta till sig att det sker en växelverkan mellan flera ämnen vid en kemisk reaktion, där två eller fler ämnen ingår. Vid upplösning av socker i vatten menar man att det är vattnet som är orsaken till upplösningen. Meheut och Chomat (1990) finner att elever resonerar om kemisk reaktion på samma sätt. Detta kommer också fram i flera studier av 11-12-åringars tankar om luftens och syrets roll vid förbränning. Dessa visar att de flesta elever är klara över att syre eller luft behövs men inte över vilken funktion de har. Meheut, Saltiel och Tiberghien (1985) arbetar med 400 franska 11-12-åringar och finner, att deras uppfattningar ligger långt från att det är en kemisk reaktion mellan syre och ämnet. Trots att de är klara över att syre behövs, så finns ingenting i deras förklaringar som pekar på att det är fråga om en kemisk reaktion mellan ämnet och syre. Några brännbara ämnen sägs vara obrännbara – de anses vara mer eller mindre smälta eller förångade. Några barn anser, att de ämnen som inte är brännbara är uppbyggda av sådant som redan hade brunnit och därför inte kan brinna.

Stavridou och Solomonidou (1989) studerar också elevers föreställningar om kemiska reaktioner och fysikaliska förändringar. Eleverna i undersökningen är 8-16 år och undervisningen i ämnen kemi och fysik startar när de är 13-14 år. Stavridou och Solomonidou introducerar några företeelser och eleverna får i uppgift att hitta något sätt att dela in dessa företeelser i



grupper, där de som hamnar i samma grupp har något gemensamt. Eleverna ska också beskriva vad som är utmärkande för fenomenen i de olika grupperna.

Tabell 2 Exempel på företeelser som eleverna får ta ställning till enligt Stavridou et al. (1989).

papper skrynklas	vax smälter	vatten kokar	vatten fryser
parfym avdunstar	salt hålls i soppa	ägg kokas	socker hålls i te
läsk hålls i glas	spik rostar	bröd rostar	ved brinner
mjölk surnar	skjorta bleks i solen	tröja bleks av klor	citronsaft droppas på marmor

Eleverna föreslår uppdelningar i grupper efter flera olika utgångspunkter. När eleverna gör uppdelningar utan att använda naturvetenskapliga begrepp använder de kriterier som ändring av form, om ämnet förstörs eller försvinner samt antal ämnen som deltar i processen. Några elever klassar förändringar där naturliga fenomen ingår som fysikaliska och de där konstgjorda ingår som kemiska. Alla förändringar där ämnet ändrar utseende kallades för kemiska reaktioner. Stavridou och Solomonidou finner dessutom att alla kriterier eleverna använder utgår från makroskopiska egenskaper hos materien. Eleverna använder inte spontant mikroskopiska eller atomära modeller för materiens byggnad i sina motiveringar eller beskrivningar.

Stavridou och Solomonides (1998) presenterar en ny studie om hur elever i 12-18-årsåldern bygger upp en förståelse av kemiska reaktioner. De finner att eleverna är medvetna om att det ibland inte är klart om en reaktion sker eller ej, alltså om ett nytt ämne bildas eller ej. De äldre eleverna använder mer vetenskapliga kategorier: kemisk reaktion, fasändring och upplösning. Efter undervisning använder de inte begreppet kemisk reaktion så ofta men de förstår vad det innebär. Det verkar svårt för dem att föra över begreppet till nya sammanhang och speciellt till vardagssituationer. Begreppet blir allt mer operationellt men det sker mycket långsamt. Om man har som mål att eleverna ska kunna se på sin omgivning på ett mer vetenskapligt sätt så måste man också använda begreppen i sina exempel på ett systematiskt sätt. Stavridou och Solomonides har en konstruktivistisk syn på lärande och menar att vi reorganiserar våra tankestrukturer på vår väg mot en mera vetenskaplig beskrivning av verkligheten. Då kommer också förståelsen att öka med tiden. Som en följd av detta menar de, att vi också måste belysa olika slags fenomen där nya ämnen bildas av reaktanterna. Man bör då även belysa sönderfallsreaktioner – där vi endast har ett ämne i utgångsläget men flera nya ämnen bildas.

I den nationella utvärderingen av grundskolans no-undervisning i Sverige som redovisas av Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist (1993b), tar man också upp elevernas förklaringar till skillnaden mellan kemisk reaktion och fysikalisk förändring. Eleverna, som är 15 år, får välja ut vilka av sex olika händelser som är kemiska reaktioner. Fler än sju av tio ansåg att en bilplåt som rostar och T-sprit som brinner är exempel på kemiska reaktioner medan något färre ansåg att fett som sönderdelas av bukspott är en kemisk reaktion. Nästan hälften ansåg att det är en kemisk reaktion när tenn smälter. Andersson et al. konstaterar att elevers föreställningar om vad som sker vid fasövergångar skiljer sig från naturvetarens.

### Sammanfattning

I flera studier redovisas alltså de problem elever har när de ska ta ställning till om en händelse är en kemisk reaktion eller en fysikalisk förändring. Där framkommer också flera svårigheter elever har att beskriva de båda typerna av transformationer. En svårighet, som många har, är att se den växelverkan som sker vid många kemiska reaktioner. Så beskrivs t ex en förbrän-

ning som en förångning, i stället för som växelverkan mellan syre och det som brinner. Elever beskriver många kemiska reaktioner som fysikaliska förändringar. I många studier kommer man fram till att en utgångspunkt för eleverna bör vara att ta ställning till om nya ämnen bildas eller ej. Detta innebär bl a att elever behöver kunskaper om att ett ämne kan ha olika faser, men att det ändå är samma ämne. Många elever kan beskriva och förklara det som sker vid kända situationer. De använder emellertid inte begreppen kemisk reaktion och fysikalisk förändring, begrepp som eleverna tycks ha svårt att ta till sig.

### 3.4.4 Kemiska reaktioner

Andersson (1990) och Pfundt (1981) kommer i sina undersökningar fram till ett mönster i elevers sätt att beskriva kemiska reaktioner. Dessa kan i stort sett delas in i sex huvudtyper:

- ingen uppfattning utan "det bara sker"
- materien försvinner – t ex när bensin används som bränsle i en bil så "försvinner det"
- det som verkar vara nya ämnen, finns från början på något sätt i reaktanterna – t ex vatten som bildas när trä brinner finns redan från början i träet
- reaktionsprodukterna är en modifierad form av reaktanterna – t ex "alkohol som brinner bildar alkoholångor"
- transmutteringar – t ex "stålull som brinner blir kol"
- reaktanterna växelverkar med varandra och bildar nya produkter – t ex "syre reagerar med koppar och bildar kopparoxid".

Andersson et al. (1993b) reviderade den modell som introducerats av Andersson (1990) för kategorisering av elevers förklaringar av materiens transformationer. De har också lagt till en kategori som kan beskrivas som "tecken på kemisk reaktion". Tecken på kemisk reaktion innebär att eleven talar om att t ex nya ämnen bildas men använder inte sitt partikelbegrepp i förklaringarna.

Inspirerade av Andersson et al. (1993b) gör Eskilsson och Holgersson (1996, 1999) ett modifierat kategorisystem där kategorin "konkreta beskrivande svar" sätts högre upp än de "förbjudna" transformationerna. Eskilsson och Holgersson genomför sin undersökning med lärarstudier under deras fjärde termin. Studenterna uppmanas att förklara sex olika fenomen som innebär olika former av transformation av materia.

Tabell 3 Kategorisering enligt Eskilsson och Holgersson (1996) av studenternas beskrivningar

<b>Kemisk reaktion</b>	<b>Fasändring</b>
A. Ej besvarat/Ej motiverat	A. Ej besvarat/Ej motiverat
B. Omskrivning av frågeställningen	B. Omskrivning av frågeställningen
C. "Förbjudna" transformationer	C. "Förbjudna" transformationer
D. Konkreta beskrivande svar.	D. Konkreta beskrivande svar.
E. Tecken på kemisk reaktion.	E. Kemisk reaktion
F. Kemisk reaktion	F. Fasändring

I många studier använder man Anderssons (1990) kategorier för sina analyser. Krnel et al. (1995) tar förbränning som utgångspunkt för en diskussion om denna modell. Förbränning som är en kemisk reaktion, beskrivs av många elever som en modifiering, liknande det som sker vid fysikaliska förändringar, eller som en transmuttering. Om eleverna inte skiljer mellan

begreppen föremål och ämne kommer transformationer att beskrivas som modifikationer eller transmuteringar eller helt enkelt som blandning av ämnen. Krnel et al. finner att det finns en stark koppling mellan elevernas materiabegrepp och deras förklaringar av fenomen där materia ingår. De brister i förståelsen som eleverna har på makronivån flyttas över till mikronivån. Krnel et al. menar att materia definieras av sina intensiva egenskaper. Materien är dynamisk. Under transformationer ändras de intensiva egenskaperna. Ett föremål däremot definieras av sina extensiva egenskaper. Det är kontinuerligt men kan bestå av flera mindre föremål och har en yttre yta. Krnel et al. menar att utvecklingen av elevernas förståelse går från fenomen på makronivån via materia på makronivån till fenomen på mikronivån. Detta kan belysas med ett ljus som brinner som då är fenomenet på makronivån. Nästa steg är då att man kan beskriva detta som att det sker en reaktion mellan stearinen och syre. Förståelsen på mikronivån innebär att man kan förklara det som då sker med hjälp av sitt partikelbegrepp. Materiabegreppet utvecklas inte bara med hjälp av erfarenheter. Det påverkas också av utvecklingen av andra begrepp som t ex förståelse av vad ljus är. Många barn tror att färg är ett ämne som finns i föremålet.

Johnson (2000a) förmodar att Anderssons kategorisering kan favorisera de elever som har ett bra materiabegrepp. De kan alltså beskriva ämnet med dess egenskaper. Han menar att man inte kan se en förändring, om man inte vet vad ett ämne är.

Ett annat sätt att studera elevernas förståelse av kemisk reaktion är att man undersöker hur de talar om fenomen som innebär kemisk reaktion. Solsona och Izquierdo (1993) studerar vilka verb eleverna använder när de förklarar företeelser från sin erfarenhetsvärld där det sker kemiska reaktioner. Medelåldern för eleverna i undersökningen är 16 år. Solsona och Izquierdo använder sig av följande två problem som eleverna får ta ställning till:

- En spik rostar. Vilken slags förändring sker? Motivera ditt svar.
- Ett skalat äpple eller en skalad potatis mörknar efter en stund. Vad händer?

I tabell 4 redovisas resultatet av denna studie.

Tabell 4 Verb som eleverna använder i sina förklaringar av fenomen som innebär kemisk reaktion enligt Solsona och Izquierdo. (1993).

Kategori	Verb
styrande	påverkas av, attackeras av
tillåtande	formar, går in i, producerar, kommer fram
växelverkan	reagerar

Liksom på frågan om spiken har eleverna svårigheter att beskriva förändringen av äpplet eller potatisen. De använder ofta uttryck som innebär en modifiering av äpplet. I sina svar använder de både begrepp från kemin, som att det sker en kemisk reaktion, och vardagsuttryck som att äpplet ruttnar. Solsona och Izquierdo sammanfattar sina slutsatser om elevers förståelse av fenomen som innebär kemisk reaktion i följande 4 steg:

- eleven blir medveten om att man har användning av begreppet kemisk reaktion
- eleven kan förklara vad som är oförändrat och vad som ändras
- eleven är medveten om att materien är diskontinuerlig
- eleven kvantifierar reaktionen.

Laverty och McGarvey (1991) undersöker vilka partikelmodeller elever (12-13 år) har när de beskriver kemiska reaktioner. De låter eleverna först diskutera reaktionen mellan magnesium och syre i termer av vad som händer med deras partiklar. Sedan får eleverna åskådliggöra sina idéer med en enkel teckning. Vid analys av elevernas svar och teckningar finner de fyra olika grupper av förklaringar till reaktionen mellan syre och magnesium:

- det sker en slumpvis blandning av partiklar
- syrepartiklar omges av magnesiumpartiklar
- två magnesium- och en syrepartikel eller en magnesium- och två syrepartiklar förenas
- en samling av förenade magnesium- och syrepartiklar ordnas på samma sätt genom hela ämnet.

Griffith (1994) skriver beträffande förbränning, att eld och brinnande saker har fascinerat människan ända sedan man först lärde sig att göra upp eld och att kontrollera den. Förståelsen av förbränning som en kemisk reaktion mellan det som brinner och syre har sin grund i Lavoisiers arbete i slutet av 1700-talet. I tabell 5 redovisas exempel på elevers "misconceptions" som Griffith finner vid en genomgång av elevers förklaringar av det som sker när något brinner.

Tabell 5 Exempel på "misconceptions" enligt Griffith (1994).

Exempel på "misconceptions"	Referenser
Röken kommer inte från det som brinner.	(Meheut et al., 1985)
Metaller smälter, de kan inte brinna.	(Meheut et al., 1985)
Vattnet kan man bara se vid förbränningen om det finns fritt vatten från början.	(Meheut et al., 1985)
Varken kväve eller luft påverkar förbränningen.	(Meheut et al., 1985), (Schollum & Happs, 1982)
Förbränning ses mer som en separation än en kemisk reaktion.	(Meheut et al., 1985)
Inga nya ämnen bildas vid förbränning.	(Schollum & Happs, 1982)
Inga ämnen förbrukas vid förbränning.	(Schollum & Happs, 1982)
Ett ämne som kallas värme bildas vid förbränning.	(Schollum & Happs, 1982)
Föremål som brinner är inte uppbyggda av partiklar.	(Schollum & Happs, 1982)
Det finns inga partiklar i lågan.	(Schollum & Happs, 1982)
Atomer kan förstöras i lågan.	(Schollum & Happs, 1982)

### Sammanfattning

Flera försök görs att beskriva olika nivåer av förståelsen av kemisk reaktion. Några elever beskriver fenomenen som att de bara sker. I andra förklaringar gör brister i elevernas förståelse av gaser att de inte ser reaktionsprodukterna utan beskriver kemiska reaktioner som att något försvinner. Ibland är det oklart om detta betyder att reaktanterna upphör att existera eller försvinner ut i luften. Några elever beskriver kemiska reaktioner som om de är fysikaliska förändringar. Andra beskriver olika tecken på kemisk reaktion som t ex att nya ämnen bildas. Solsonas och Izquierdos metod att utgå från vilka verb eleverna använder kan ge en bild av

elevernas förståelse med utgångspunkt från hur de talar om fenomenen. Några elever använder ett partikeltänkande när de beskriver vad som sker på mikronivå vid en kemisk reaktion. När elever har i uppgift att beskriva vardagliga händelser väljer de ofta att använda förklaringar som bygger på deras vardagserfarenheter i stället för att använda sina naturvetenskapliga modeller. Forskningen om elevers modeller för kemiska reaktioner visar många exempel på att detta är ett svårt begrepp som leder till många problem för eleverna.

### 3.5 Undervisningsprojekt om materiabegreppet

Det har gjorts många kartläggningar av elevers föreställningar om begreppen inom materiaområdet. I några redovisningar av projekt föreslår man också idéer och konsekvenser för undervisningen i naturvetenskap i skolan.

Lijnse (2000) gör en fallstudie om undervisning om materiens partikelnatur där han jämför två olika ansatser för att introducera partikeltänkandet hos elever. Den ena metoden är CLIS – projektets metod och den andra har använts av några av Lijnses medarbetare och beskrivs av Vollebregt (1998, kapitel 4). CLIS-projektet (1987) utformar undervisningssekvenser som bygger på den forskning som gjorts om elevernas föreställningar om vardagsfenomen innan de undervisats om dem. Målet för undervisningen är dels att introducera partikelbegreppet och dels att visa hur naturvetenskaplig kunskap byggs upp. Undervisningen sker i tre faser som Johnston (1990) beskriver.

*”An elicitation phase:* Where students are provided with opportunities to put forward their own ideas and to consider the ideas of their peers.

*A restructuring phase:* Where the teacher introduces activities which interact with students' prior ideas and which encourage students to move their thinking towards the school view.

*A review phase:* Where students are asked to reflect on the ways in which their ideas have changed.” (Johnston, 1990, s.248)

Lijnse menar att kärnan i CLIS' sätt att arbeta är att eleverna ska pröva, utveckla och förändra sina vardagsföreställningar och ta till sig vetenskapens begrepp och föreställningar. Han anser att utvärderingar av CLIS som redovisats av Johnston (1990) inte ger belägg för att det arbetsätt, som CLIS-projektet står för, är överlägset traditionell undervisning.

Lijnse (2000) menar att de partikelmodeller som elever beskrivs använda spontant i CLIS-projektet och i andra projekt skiljer sig från naturvetenskapens partikelmodeller. Elevernas spontana partikelmodeller är ofta småskaliga makroskopiska objekt. Man måste vara försiktig med att dra slutsatser, som t ex att elever kopplar samman ämnets makroskopiska egenskaper med partiklar. Eleverna kommer i bästa fall att uppnå en förståelse som kan beskrivas som en korsning mellan en makroskopisk modell och naturvetenskapens partikelmodell.

Lijnses grupp arbetar med ”problem posing approach” för att introducera ett enkelt partikelbegrepp. Deras utgångspunkt är att elever inte har några alternativa föreställningar som behöver ändras. De betonar vikten av att det är de vetenskapliga modellerna som eleverna ska tillägna sig, och att eleverna inte genom olika utmaningar kan nå dessa teoretiska modeller. Man försätter eleverna i sådana situationer, att de själva ser behovet och nyttan av att komplettera sina gamla föreställningar i en viss riktning. Lijnse understryker vikten av att eleverna bli klarare för sig

- varför man önskar öka sitt makroskopiska kunnande om materien
- varför i så fall partikeltänkandet kan vara till hjälp

- på vilket sätt dessa partiklar skiljer sig från småskaliga makropartiklar
- varför förklaringarna ofta innebär förändringar av position och hastighet hos partiklarna.

Lijnses grupp menar liksom CLIS-gruppen att elevernas aktiva roll är en viktig del i hela processen. Båda metoderna bygger på en didaktisk analys av begreppsområdet. Syftet med denna analys är att beskriva de begreppssteg som eleven måste passera för att förstå t ex partikelbegreppet på avsett sätt.

Millar (1990) rekommenderar att naturvetenskapliga begrepp presenteras med utgångspunkt från vardagliga exempel. Delar av partikelteorin ska användas i sammanhang, där de kan bidra till en ökad förståelse och inte som separata ämnesområden. Han föreslår att i samband med diskussioner om egenskaper hos fasta ämnen kan det vara lämpligt att ta första steget i denna gradvisa introduktion av en partikelmodell. Han motiverar detta med att elever har svårt för att acceptera att gaser är materia. Millar använder konkret material för att närma sig det mikroskopiska från det makroskopiska. Han studerar t ex en tråd från en bit tyg i en lupp och sedan använder han mikroskop som ger större och större förstoring.

Nussbaum (1993) diskuterar hur elever uppfattar fenomen där gaser och vakuum ingår. Han konstaterar att läroplaner och kursplaner i de flesta länder introducerar teorin om materiens partikelnatur först i 13-14-årsåldern. Tanken bakom detta är att yngre elever inte är mogna för att ta till sig sådana abstrakta begrepp. Äldre elever däremot behöver kunna tillämpa denna teori i undervisningen i både fysik, kemi och biologi. De senaste 15 åren har det funnits en ökande medvetenhet bland lärare i naturvetenskap om de svårigheter som elever har med att förstå partikelmodellen och att därefter tillämpa den. Flera undersökningar har tidigare visat att elever utvecklar olika missuppfattningar om partikelnaturen hos materia och växelverkan mellan partiklar i fenomen med anknytning till fysik, kemi och biologi. Nussbaum beskriver i rapporten olika utgångspunkter för att införa en partikelmodell för materiens byggnad.

En utgångspunkt är *den historiska utvecklingen* eftersom han tror att de problem som funnits med att utveckla partikelbegreppet under historiens gång troligen också finns hos dagens elever. Nussbaum menar att historien därför kan ge värdefull kunskap när vi vill utveckla elevernas förståelse av partikelbegreppet idag. De första grekiska atomisterna Leucippus (450 f Kr) och Demokritos (410 f Kr) fastställer enligt Nussbaum nästan allt det väsentliga beträffande atomteorin. Deras modell av materien är att den består av partiklar som är odelbara och som bygger upp hela materien. Partiklarna finns i ett absolut vakuum och rör sig fritt inom detta vakuum och växelverkar med varandra. Denna växelverkan ger makroskopiska effekter som vi kan observera, t ex smältning, kokning och kemiska reaktioner där helt nya ämnen bildas. Nussbaum ger sedan exempel på hur denna ursprungliga partikelmodell utvecklats och de nya upptäckter som utvecklats och förfinat teorin.

Ett andra perspektiv är aktuella frågor inom *"philosophy of science"*. Nussbaum diskuterar om det är en framkomlig väg att utgå från naturvetenskapens filosofi, när man arbetar med naturvetenskap i skolan. Den traditionella synen på naturvetenskap, som varande empiristisk och förnuftig innebär för många att naturvetenskaplig kunskap är statisk. Om man däremot tror att naturvetenskaplig kunskap byggs upp av människor, som undersöker och tolkar naturvetenskapliga företeelser, så revideras naturvetenskapen efter hand. Nussbaum menar att det är viktigt att eleverna får pröva olika alternativa modeller, och att läraren är beredd på att utvecklingen av förståelse tar tid. Han menar också att eleverna ibland måste återvända till sina tidigare förklaringsmodeller för att få en utveckling av begreppsförståelsen.

Ett tredje perspektiv som Nussbaum nämner är vilka slutsatser man kan dra av aktuella resultat inom den *kognitiva psykologien*. Det finns forskning som visar att även mycket unga elever kan ta del av filosofiska diskussioner. Elevernas ålder är inte begränsande utan det är det sätt på vilket vuxna tar upp diskussionen med barnen som avgör om de hänger med eller ej. Detta är ett skäl till att man bör kunna diskutera ett partikeltänkande redan med unga elever om man tar hänsyn till modellens karaktär. Man skulle då kunna arbeta med denna modell för materiens byggnad under längre tid, så att eleverna därigenom får större möjligheter att ta till sig denna abstrakta modell. Nussbaum går så långt att han menar att man kan starta med detta redan då eleverna är i 9-årsåldern. Han beskriver ett förslag till uppläggning av en undervisningssekvens på 30 lektioner, i vilken ofta ingår experimentella inslag. Exempel på några av frågeställningarna som Nussbaum föreslår:

- Är luft materia?
- Om du har magiska glasögon och tittar på luften – hur ser den då ut?
- Varför kan man komprimera luft mer än vatten?
- Finns det tomrum i luften runt oss?
- Vilket luktar mest, aceton, alkohol eller vatten?
- Vill ”acetonpartiklarna” komma till näsan?
- Vilket samband finns det mellan värme och partiklars rörlighet?

Tveita (1993, 1996) beskriver hur han prövar olika vägar att introducera ett kinetiskt partikelbegrepp hos elever under årskurs 6-9, bland annat dramatiseringar och att diskutera vardagsfenomen och problem i anslutning till laborationer. Han drar slutsatsen av projektet, att eleverna i de här åldrarna är mogna att ta till sig grunddragen i en kinetisk partikelmodell.

### Sammanfattning

De undervisningsprojekt, som redovisas i detta avsnitt, bygger på forskning om barns föreställningar. Lijnses grupp och CLIS-gruppen använder olika metoder men båda betonar elevernas aktiva roll. Millar talar för kopplingen till vardagliga fenomen, medan Nussbaum talar om den historiska utvecklingen och ”philosophy of science” som utgångspunkter för introduktion av ett partikeltänkande. Nussbaum och Tveita kommer fram till att man kan introducera och använda ett enkelt partikelbegrepp mycket tidigare i skolan än man gör i dag.

## **3.6 Konsekvenser för min studie**

Kunskap om elevers materiabegrepp är viktig för mig, när jag genomför min studie. Detta gäller dels innehåll och uppläggning av undervisning, dels utformning, genomförande och tolkning av intervjuer.

Många elever uppfattar inte gaser som materia, vilket gör att de har svårigheter att förstå alla de skeenden, där gaser bildas eller finns med på annat sätt. Det är inte naturligt i barns föreställningsvärld att dela upp materia i fasta ämnen, vätskor och gaser. Det är däremot ett bra hjälpmedel när man använder kunskaper från naturvetenskap då man talar om fenomen. I många exempel från vår erfarenhet finns vatten med i olika former, vilket gör att vatten kan vara centralt, när man introducerar och diskuterar materiens faser.

I genomgången av forskningen kring hur elever tar till sig och utvecklar en partikelmodell, finns flera slutsatser som strider mot varann. Min analys av tidigare studier leder fram till att en tidig introduktion av en enkel partikelmodell är både möjlig och lämplig. Modellen utma-

nas sedan flera gånger med olika situationer, så att eleverna successivt bygger upp sin egen tankemodell, som bygger på att alla ämnen består av partiklar. Denna modell utvecklas genom diskussioner med kamrater och med mig, men också genom att jag introducerar nya komponenter till denna vid lektionerna. Eleverna kommer olika långt i utvecklingen av sina modeller, vilket också är viktigt att jag tar hänsyn till i mitt projekt.

I min studie är inte elevernas kunskaper om skillnaden mellan kemisk reaktion och fysikaliska förändringar central. Jag tror att det i stället är viktigt att eleverna får fundera över fenomenen som sådana. Elever har i flera studier visat sig ha problem med förståelsen av kemisk reaktion. Jag väljer att vänta med introduktion av begreppet. Jag startar med att lyssna på eventuella tecken på beskrivningar av kemiska reaktioner, t ex om det bildas nya ämnen eller ej, när eleverna talar om vardagliga fenomen.

I redovisningen beskrivs olika metoder att studera hur eleverna bygger upp modeller för att tala om vardagliga fenomen. Dessa redovisningar kan vara utgångspunkt även när jag studerar hur eleverna utvecklar sin förmåga att tala om fenomenen med hjälp av sin kunskap i naturvetenskap.



## 4 Problemställning

Jag arbetar med en grupp elever som jag följer under skolår 4 och 5. Under denna tid genomför jag tre undervisningssekvenser och fyra intervjuer. De senare går ut på att studera hur eleverna använder kunskaper i naturvetenskap för att förklara och beskriva vardagliga händelser. De problem som jag studerar kan sammanfattas i följande frågor:

1. Hur utvecklas en grupp 10-åringars tankemodeller om materia?
2. Hur påverkar introduktionen av en enkel partikelmodell utvecklingen av elevernas förståelse?
3. Hur påverkar samtalet med mig elevens användning av sitt naturvetenskapliga kunnande?

Som framgår av kapitel 2 betraktar jag kunnande som individuellt konstruerat och socialt medierat. Därför väljer jag att studera utvecklingen av förståelsen från följande två perspektiv:

- Det som eleven kan prestera på egen hand som svar på en skriftlig eller muntlig uppgift. Detta perspektiv kopplar jag till kunnande som individuellt konstruerat. Ur mina intervjuer analyserar jag vad eleverna förklarar på egen hand.
- Det som eleverna kan prestera i samtal med mig. Jag försöker stimulera eleverna att utnyttja delar av sin utvecklingszon. Med detta perspektiv studerar jag elevernas förmåga att använda sin kunskap under samtal med andra människor. Jag vill också studera hur det skifte av diskurs som samtalet med mig innebär, påverkar elevernas förklaringar.

## 5 Design och undersökningsgrupp

I detta forskningsprojekt är jag som nämnts, intresserad av att studera utveckling av elevers förståelse och hur de talar om vardagliga fenomen. Undersökningen görs i form av en kvalitativ studie, där jag studerar utvecklingen dels utifrån olika synsätt på lärande och dels i relation till vad som påverkar lärandet. Utvecklingen av förståelsen kan relateras till de naturvetenskapliga begreppen i sig, men också till elevens sätt att tala om vardagliga fenomen. Jag väljer att studera denna utveckling i form av en longitudinell studie, där jag följer samma elever från 4:e till 6:e skolåret. I denna avhandling redovisas inte intervjun i skolår 6. Data samlas in vid återkommande reviderade kliniska intervjuer, som spelas in på ljudband, samt från videospelningar av lektioner under tre undervisningssekvenser. När jag analyserar mina data väljer jag olika utgångspunkter för att belysa olika syn på lärande och kunnande.

### 5.1 Longitudinell studie

Forskning inom området undervisning och lärande behandlar bl a elevers lärande och elevers beteende och attityder. Eftersom jag studerar enskilda elevers lärande genomförs projektet över en längre tid under vilken flera undersökningar görs med samma elevgrupp. Longitudinella studier av denna karaktär har tidigare varit ovanliga bland annat på grund av svårigheter med att separera alla de variabler som är involverade. Keeves (1998) menar att förhållanden emellertid har ändrats genom att man nu kan samla stora mängder data i databaser och använda dataprogram som underlättar analysen av dessa data. Arzi (1988) diskuterar användningen av longitudinella studier och tvärsnittstudier inom naturvetenskapens didaktik. Hon sammanfattar med att säga att det inte är självklart att en longitudinell studie ger en bättre bild av verkligheten. Man måste välja metod med utgångspunkt från det man vill studera.

”What we can currently generalise across science concepts is that the processes involved with learning them are long and complex. The process of studying science concept is similarly long and complex.” (Arzi, 1988, s 47)

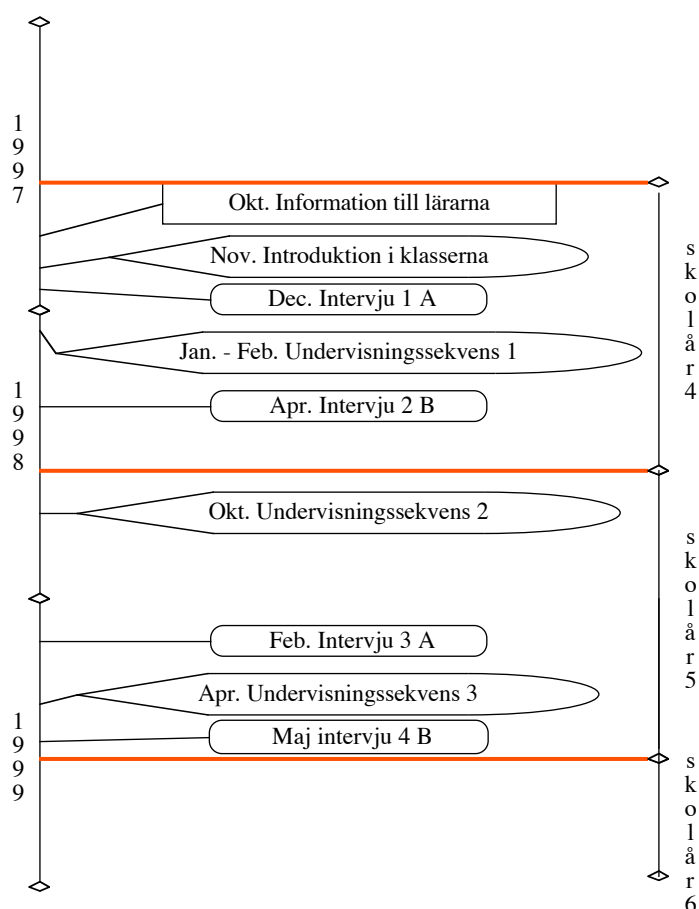
Det kan vara svårt för elever att förstå skillnaden mellan det vardagliga och det vetenskapliga sammanhanget i intervjuer. På vardagliga frågor svarar ofta elever med vardagliga förklaringar. I en longitudinellt utformad studie med återkommande intervjuer, kan man studera om elever utvecklar sina förklaringar av vardagliga fenomen mot att använda sin kunskap i naturvetenskap. Leach (1995) menar att longitudinella studier ger bättre information om hur enskilda elever lär sig men inte säger något om dynamiken i framstegen. White (2001) tror att en longitudinell infallsvinkel bidrar till att ge olika aspekter på lärandet och det sociala sammanhanget. Cohen, Manion och Morrison (2000, kapitel 8) menar att eftersom undervisning handlar om enskilda personers fysiska, sociala och intellektuella utveckling, så har utvecklingsstudier en central plats inom undervisningsforskning. Den longitudinella studien är en viktig del av forskningsarsenalen för en undervisningsforskare och ger unika möjligheter att studera typiska mönster i utvecklingen hos elever.

Jag vill studera utvecklingen av enskilda elevers lärande utifrån olika perspektiv. Genom att jag följer elevernas kunskapsutveckling vid intervjuerna och under lektionerna kan jag studera lärandet och hur deras kunnande utvecklas under de två åren. Några av de tillfälligheter som påverkar elevens förklaringar kan upptäckas när man analyserar en följd av intervjuer och lektioner. Personliga teman som återkommer hos eleverna kommer också fram och deras betydelse för utvecklingen kan studeras.

Longitudinella studier har också några nackdelar i förhållande till tvärsnittsstudier. De tar lång tid, är dyrbara och kan innebära att elevgruppens sammansättning ändras. De upprepade intervjuerna kan påverka elevernas uppträdande under intervjuerna, vilket i sin tur kan påverka tillförlitligheten i intervjuerna. Sedan finns det många praktiska problem med att organisera studien med nya elever och lärare inblandade. En longitudinell studie med den uppläggnings jag har genererar stora mängder data i form av intervjuutskriften och inspelade videofilmer av lektioner. Ett systematiskt arbete med utskriften av mina intervjuer och lektionsaktiviteter underlättas dock av dataprogram, som gör det möjligt att söka igenom materialet på olika sätt. Några longitudinella studier där man följer utvecklingen av förståelsen av materiens partikel-natur har redovisats under den senaste tioårsperioden. Novak and Musonda (1991) genomför en 12-årig studie med undervisningsinsatser under de två första åren. Lichtfeldt (1996) studerar utvecklingen av kognitiva strukturer hos elever från sjunde till nionde klass och Johnson (1998) förståelsen av en elementär partikelteori från sjätte till nionde klass. Fischler och Peuckert (1999) följer en grupp elever från sjunde till elfte klass i sin studie om "Pathways to an atom-idea". Helldén (2001) följer en grupp elever från 9 till 19 års ålder och studerar deras förståelse av villkor för växande och av nedbrytning i naturen.

## 5.2 Tidsplan

Tidsplan för datainsamlingen beskrivs i figur 2.



Figur 2 Tidsplan för projektet.

Efter en inledande presentation för lärare och skolledning på de två skolor som jag väljer att arbeta tillsammans med, ombeds lärarna att anmäla om de och deras klasser är intresserade av att vara med i projektet. Vid en introduktionslektion i klasserna förklarar jag för eleverna varför jag är intresserad av deras tankar. Jag visar lite exempel på vad jag tänker arbeta med i undervisningen och vid de enskilda intervjuerna. Eleverna får t ex i uppgift att beskriva hur det blir regn.

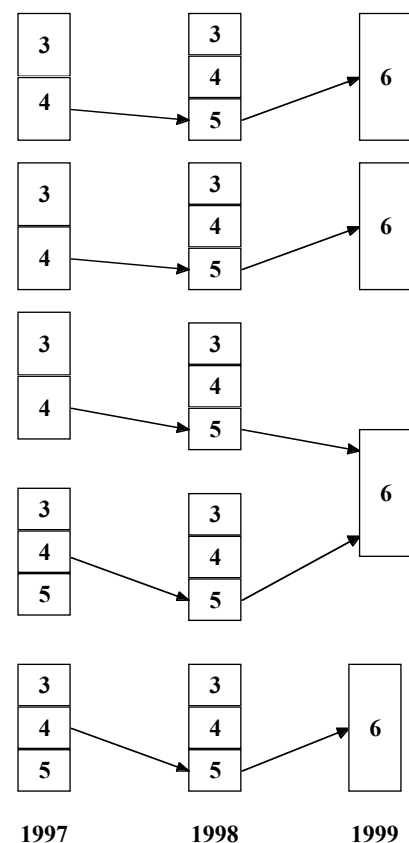
Vid denna lektion får eleverna också en blankett med hem där jag beskriver mitt projekt och där elever och föräldrar får ta ställning till om man accepterar att eleven deltar i de intervjuer jag tänker ha. Jag genomför en inledande intervju, som jag använder som jämförelse med de senare intervjuerna. Varje termin genomför jag en lektionsserie på tre lektioner och ca två månader därefter en intervju med var och en av de 40 eleverna. En avslutande intervju genomförs i januari 2000, men den redovisas inte i denna avhandling. Vid första, tredje och vid den avslutande intervjun diskuteras samma situationer (Intervju A). Vid andra och fjärde intervjuerna (Intervju B) diskuteras andra situationer. Som framgår av figur 2 har jag vid några tillfällen flyttat intervjuerna några veckor på grund av att det passar klassen bättre.

### 5.3 Elevgrupp

I studien ingår 40 elever från fem klasser som är åldersblandade med elever från skolår 3 till 5, ca 10-12 år gamla. Det betyder att elever från skolår 3, 4 och 5 undervisas gemensamt i klasserna. I tre av klasserna undervisades första året elever från tredje och fjärde skolåret tillsammans medan under det andra året var det elever från 3-an, 4-an och 5-an i alla klasserna. När de 40 eleverna börjar sjätte klass byter de skola och går i klasser med årskurs 6-elever från andra klasser. Sexorna är inte åldersblandade utan nu finns bara elever från 6:e skolåret i klasserna. I figur 3 visas hur klasserna förändras under projektets gång. Den elevgrupp jag följer gick i skolår 4 när projektet startade hösten 1997. De var då ca 10 år gamla. Inga elever har slutat under projektets två första år men tre elever bytte skola inför skolår 6. Tre elever har tillkommit under de två åren.

De fem klasserna kommer från två skolorna som ligger i en mellanstor kommun i södra Sverige. Eleverna i den ena skolan kommer ifrån ett område med en blandning av flerfamiljshus och småhus. Två av eleverna i undersökningsgruppen från denna skola har annat modersmål än svenska medan det i klasserna i övrigt på denna skola är betydligt större andel elever med denna bakgrund.

Tre elever, varav två med annat modersmål än svenska, avstod från att delta i projektet. Eleverna i den andra skolan kommer till stor del från småhusområden. Lärarna i de deltagande klasserna bedömer eleverna som genomsnittliga eller strax över genomsnittet.



Figur 3 Eleverna och klasserna.

## 5.4 Videofilmning av lektioner

Avhandlingen bygger till stor del på intervjuer som spelas in på ljudband. Lektionerna är en viktig del av bakgrundsmaterialet i studien och dokumenteras genom att de spelas in på video. Filmningen koncentreras till diskussionerna i grupperna och till de diskussioner jag har med hela gruppen. Vi använder bara en kamera och filmar en grupp i taget. Jag har därför inte hela diskussionen i alla grupper inspelad utan filmningen koncentreras till de grupper som ingår i intervjustudien. Videofilmerna analyseras med avseende på innehåll samt elevernas frågor och svar i konkreta situationer. Elevernas deltagande i diskussionerna och hur man fattar beslut i gruppen studeras också. Detta görs för att jag vill studera hur arbetet i grupp och arbetet med konkret materiel påverkar utvecklingen av deras förståelse.

Videofilmerna ”skrivs ut” så att lektionsinnehållet och aktiviteterna inom grupperna beskrivs. Elevernas diskussioner skrivs ut ordagrant. Jag använder ett dataprogram, C-VIDEO, som gör det möjligt för mig att styra videobandspelaren via tangentbordet med snabbkommandon. Bandet kan startas, stoppas, backas, snabbspolas m m. Med programmet kan jag också lägga in tidmärken när en sekvens startar respektive slutar eller vid en speciell tidpunkt under filmen. Med hjälp av dessa kan man sedan söka upp en viss sekvens på bandet. Kommentarer kan läggas som en enkel textfil i C-video, men jag använder i stället programmet FileMaker Pro.

## 6 Undervisningssekvenser

Min ansats är det sammansatta perspektiv på lärande som beskrivs i avsnitt 2.3. Ett viktigt inslag i detta är de forskningsresultat om elevers föreställningar om materia som skildras i kapitel 3. Många av de vardagsföreställningar som beskrivs är stabila och svåra att ändra bara genom att berätta ett budskap för eleverna. Ett annat viktigt inslag i det sammansatta perspektivet är betydelsen av social interaktion för lärande. Arbete i grupp kan utmana enskilda elevers sätt att tänka och tala om fenomen och åstadkomma en utveckling av deras tankestrukturer. Med språket som verktyg kan de utveckla sitt kunnande.

Forskningsresultat om elevers föreställningar om materia har påverkat undervisningssekvenserna på följande sätt:

- några nyckelbegrepp introduceras tidigt
- ett enkelt partikelbegrepp där vi i inledningen ger partiklarna makroskopiska egenskaper introduceras
- områden där elever har speciella svårigheter t ex gasbegreppet, materiens tillståndsformer och förändringar som innebär att en kemisk reaktion sker ägnas speciell uppmärksamhet.

Betydelsen av social interaktion tar sig följande uttryck i uppläggningsen av sekvenserna

- eleverna utvecklar sitt kunnande med språket som verktyg
- de arbetar i grupper med praktisk problemlösning
- de uppmanas att sammanfatta sina diskussioner
- undervisningen bygger på en spiralprincip där begreppen belyses och diskuteras från nya kontexter
- de använder sin kunskap i naturvetenskap för att tala om kända fenomen.

Under projektet har tre undervisningssekvenser genomförts, där jag själv varit lärare. Detta kom jag och lärarna i klasserna överens om vid planeringen av projektet. Fördelen med detta är att jag får en större kontroll över vad som sker på lektionerna. Jag kan också göra justeringar under lektionerna, när jag upptäcker intressanta saker, som jag vill diskutera vidare med eleverna. Jag har emellertid inte samma möjlighet att studera eleverna under lektionerna eftersom jag själv har ansvaret för genomförandet. Eleverna har ibland också svårt att skilja mellan mina olika roller som lärare och intervjuare.

### 6.1 Innehållet i undervisningssekvenserna

#### 6.1.1 Introduktionslektion – november 1997

Första gången jag träffar klasserna börjar jag med att berätta lite om vem jag är och varför jag är intresserad av deras tankar om naturen. För att visa lite av vad jag planerar att göra under projektet visar jag några experiment med? gaser. Jag sätter en tratt i en flaska och tätar med modellera mellan flaskan och tratten. Jag ställer frågor om vad de tror ska hända när jag håller vatten i tratten och ber dem förklara det som sedan händer, d v s varför vattnet stannar kvar i tratten. Jag lyssnar på alla förslag, är intresserad av vad de säger och ställer följdfrågor. Jag berättar att de själva ska göra den här typen av experiment senare. Eleverna får så i uppgift att skriftligt beskriva för mig hur det blir regn. Deras beskrivningar samlas in.

### 6.1.2 Undervisningssekvens 1 – januari-februari 1998

Första undervisningssekvensen omfattar tre lektioner som ligger med några dagars mellanrum. De områden jag arbetar med innehåller tre moment: 1/materiens faser, bl a vattnets faser, makro- och mikropartiklar i is, vatten och vattenånga, 2/introduktion av ett enkelt partikelbegrepp och 3/vad som händer när man blandar ämnen.

Vi startar med en sorteringsövning där eleverna får sortera 12 ämnen i grupper där alla i samma grupp ska ha något gemensamt. Deras sorteringar tas sedan som utgångspunkt för att tala om fasta ämnen, vätskor och gaser som ett sätt att sortera ämnen. De ämnen och föremål som används är: ballong med luft, blomma, ylletyg, bubblor (sugrör och glas med vatten- ”Blås bubblor i vattnet!”), träpinne, filmjolk, potatismjöl, saft, tandkräm, vatten, krita och aluminiumplåt. Se figur 4. Sorteringsövningen bygger på undersökningar som gjorts av bl a Stavy (1991).



Figur 4 Burkarna med ämnena som ska sorteras.

Jag diskuterar vatten som ånga och vatten som is och snö. Vi undersöker fasta ämnen som krita och träbitar och vätskor som vatten och färgen i en spritpena. Eleverna söker efter makropartiklar som korn, smådelar eller smådroppar i de olika ämnena och diskuterar om man kan få ännu mindre delar av ämnet. Detta är sedan utgångspunkt för introduktionen av ett enkelt partikelbegrepp där eleverna är med i en dramatisering av vad som händer med partiklarna då is smälter och vatten kokar. Jag inför namnet molekyl för de minsta kornen/delarna av krita, vatten och andra ämnen. Jag skiljer alltså inte på molekyler och atomer.

Innehållet i den enkla partikelmodell som introduceras kan sammanfattas i följande komponenter:

- Alla fasta ämnen består av smådelar som man ofta kan se, sockerkorn, spån av trä, krita, potatismjölskorn. Vi diskuterar om man kan dela dessa i hur små korn som helst.
- Alla fasta ämnen består av sådana smådelar, molekyler, som man inte kan se med förstoringsglas. Sockermolekyler, trä-molekyler, krita-molekyler och vattenmolekyler är exempel på molekyler.
- De små molekylerna sitter på fasta platser och svänger lite fram och tillbaka i t ex en isbit. Ju varmare det är desto snabbare svänger de fram och tillbaka.

Vid dramatiseringen är eleverna molekyler. De håller varandra i händerna och rör sig lite fram och tillbaka. Om man svänger för fort släpper man taget och kan springa iväg. Vi jämför detta med molekylerna i isen när den smälter.

Vi avslutar den första undervisningssekvensen med några experiment där vi blandar två olika ämnen och ser om vi får något nytt. Två vita pulver ger t ex ett gult ämne. Naturliga indikatorer, blåbär och lingon, blandas med citronsyra och tvättmedel och vi får nya färger. Vi diskuterar vad som händer med ämnena.

### 6.1.3 Undervisningssekvens 2 – oktober 1998

Den andra undervisningssekvensen omfattar också tre lektioner, som ligger med några dagars mellanrum. I klasserna har nu de som föregående år tillhörde femman lämnat klassen och det har tillkommit nya årskurs-3-elever. Eleverna i min intervjustudie går nu i årskurs 5.

Under den första lektionen i andra undervisningssekvensen har vi också en sorteringsövning, där eleverna sorterar ämnen/föremål så att de som hör ihop kommer i samma grupp. Jag väljer att nu åter introducera begreppen fasta ämnen, vätskor och gaser och att låta eleverna arbeta med dem. Eleverna talar om gaser och rinnande ämnen, men ”fasta ämnen” tycks inte vara ett bra namn. Ett fast ämne är för eleverna detsamma som ett hårt ämne. Jag talar om att man kan göra pulver eller små korn av fasta ämnen. Jag tror att det kan vara en del i en serie begrepp, som de kan använda för att bygga upp sitt kunnande om materia. Objekt att sortera är saft, chokladkräm, träbit, luft i ballong, vad som bildas då man lägger en brustablett i vatten, skumgummi, skruv, tygbit, vetemjöl och jord.

Vi fortsätter att jämföra fasta ämnen, vätskor och gaser. Eleverna får undersöka hur mycket man kan pressa samman olika ämnen. De får slutna plastbehållare fyllda med vatten respektive luft, samt skruv, stålull, skumplast och en plastbit från en plastflaska. Eleverna får jämföra föremålen och fundera över varför de är olika lätta att pressa samman.

Grupperna får sedan i uppgift att beskriva vad man ser om man tittar in i luft med vattenånga, då man använder magiska glasögon. Detta är ett tankeverktyg som används av Novick och Nussbaum (1978) för att göra det osynliga synligt. Detta ska stimulera eleverna att fundera över materiens mikrovärld. Grupperna får välja bland sju olika svar som alla lämnats av eleverna vid intervjuerna, när de ska beskriva vad de ser.

Tabell 6 Vad ser man med magiska glasögon i fuktig luft? Alternativen som eleverna har att välja mellan. Till höger finns ett exempel på ett av korten som varje elevgrupp får.

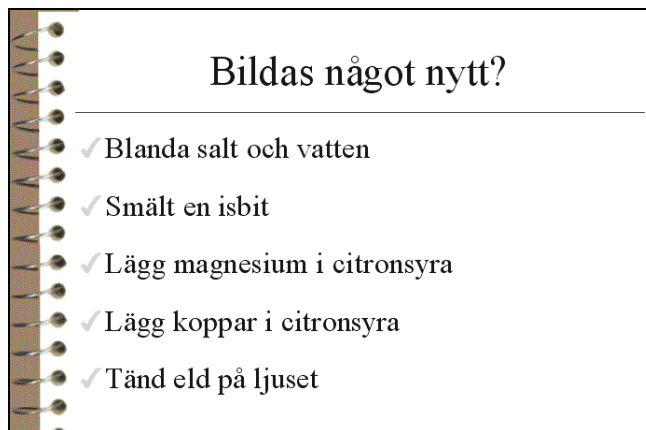
<ul style="list-style-type: none"> <li>• som vatten</li> <li>• små vattendroppar som svävar i luften</li> <li>• prickigt</li> <li>• regn som går uppåt</li> <li>• små bollar</li> <li>• tunn dimma</li> <li>• som moln</li> </ul>	 <p style="text-align: center;"><b>Små vattendroppar som svävar i luften</b></p>
---	--

Under denna undervisningssekvens har jag även andra utmaningar av elevernas materiabegrepp. Vi har cylindrar av mässing, trä och aluminium som alla är lika stora. Eleverna känner att de är olika tunga och de får i uppgift att fundera över varför det är så. Vi tittar på kolsyre-snö som vi lägger i en plastpåse. Vi diskuterar hur den lilla snömängden kan fylla upp hela plastpåsen när den förångas och vart den vita snön tar vägen. När vi blandar 50 ml ärtor med 50 ml salt kan alla förklara varför vi inte får 100 ml blandning. Vi blandar därefter 50 ml vat-



ten med 50 ml T-röd och ser då att det blir 95-97 ml T-röd – vattenblandning. Jag vill med dessa exempel utmana elevernas föreställningar om hur vätskorna är uppbyggda.

För att eleverna ska få tillfälle att diskutera vad som händer när ämnen blandas får de göra några nya experiment. Vid några av dessa sker gasutveckling, vid andra ser man ingenting eller att färgen ändras på vattnet.



Figur 5 Instruktion för ”Bildas det något nytt?”

Som en följd av att vi tittar på vad som händer då vi blandar ämnen undersöker vi också om man kan separera ämnen i blandningar. Vi har följande blandningar: sand + vatten, salt + vatten och sand + salt. Elevernas instruktioner med uppgifter finns i tabell 7.

Tabell 7 Instruktion till och materiel som används för uppgiften att skilja ämnen åt.

<p><b>Kan ni skilja ämnen åt?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Blanda sand och vatten <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kan ni skilja dem åt igen?</li> </ul> </li> <li>➤ Lös lite salt i vatten. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Häll det igenom ett kaffefilter</li> <li>– Var finns saltet?</li> </ul> </li> <li>➤ Blanda salt och sand <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kan ni skilja sand och salt?</li> </ul> </li> </ul>	
---	--

Eleverna diskuterar i en övning vad som händer när ett stearinljus brinner och var vattnet som bildas på väggarna då man sätter en glasburk över ljuset, kommer ifrån. De får fyra förklaringar att ta ställning till. Alla dessa är från intervjuerna.

Tabell 8 Kort med förslag till förklaringar till uppgiften om var vattnet på glaset kommer ifrån.

<p>Vattnet på väggarna kommer från</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Från lågan</li> <li>2. Fanns i stearinljuset</li> <li>3. Från luften</li> <li>4. Bildas då ljuset brinner</li> </ol> <p>Välj bästa förklaringen!</p>	
---	--

### 6.1.4 Undervisningssekvens 3 – april 1999

Den tredje undervisningssekvensen omfattar två lektioner som är 70-80 minuter långa. Denna inleds med nya utmaningar av elevernas partikeltänkande. Vi talar nu om en blå och en röd boll som i övrigt ser likadana ut. Den ena bollen studsar högt upp medan den andra lägger sig på golvet. Eleverna får diskutera varför bollarna uppför sig så olika. De flesta grupper förklarar det med skillnader på makronivå, men några funderar över att den ena bollen inte är så tät eller att det är luft i den. Jag har en dagstidning som jag ber eleverna riva en tunn remsa från. Jag vill ha remsor både längs långsidan och längs kortsidan. Alla upptäcker att det är mycket lättare att riva på ena hållet och att man alltid misslyckas att få jämna remsor om man river på det andra hållet. Jag vill se om eleverna förklarar detta på makronivå eller på mikronivå. Några hänvisar till hur papperet eller tidningen tillverkades och andra talar om fibrer eller andra smådelar i papperet eller trädet.

Grupperna får i uppgift att lägga en bit stålull i kopparsulfatlösning. Då märker de att många saker händer, som att stålullen blir brun samt att vattnet blir varmare och tappar sin blå färg. Begreppet ”reagera med” introduceras.

”Reagera med” används sedan när eleverna gör några experiment där de får blanda ämnen enligt a-d:

a/ i en kristallisationsskål med vatten tillförs soda i mitten

b/ i en kristallisationsskål med blåbärssaft tillförs soda i mitten

c/ i en kristallisationsskål med vatten tillförs två pulver, ”ettan” och ”tvåan”, nära skålens vägg och mitt emot varandra

d/ i en kristallisationsskål med vatten tillförs två pulver, koksalt och ”ettan”, nära skålens vägg och mitt emot varandra.

”Ettan” är blynitrat och ”tvåan” är kaliumjodid. Jag väljer att använda fantasinamn i stället för de kemiska namnen. Grupperna lämnar skriftliga rapporter där de beskriver vad som händer.

Eleverna får ta ställning till hur massan påverkas när is smälter respektive när vatten avdunstar. I det första fallet har de en plastburk med lock där det finns en isbit i. I det andra används en burk utan lock med vatten. Vi diskuterar vad som händer med vikten på en fotboll då den pumpas hård med luft. Därefter diskuterar vi gasers massa och att gaser kan pressas samman.

Vid första lektionen våren 1998 får eleverna i uppgift att sortera 12 föremål av olika material i grupper och sedan namnge dessa grupper. Vid första lektionen hösten 1998 ska eleverna sortera ämnen och föremål i fasta ämnen, vätskor och gaser. I den tredje undervisningssekvensen får eleverna i uppgift att beskriva sex föremål nämligen honung, russin, pingisboll, matolja, kopparplåt och modellera. Jag vill se hur eleverna nu beskriver ämnen och om de använder begreppen fast ämne och vätska i sina kommentarer. Trots att uppgifterna inte är de samma, är det intressant att jämföra hur eleverna motiverar grupperingar och beskriver ämnen.

## 6.2 Återkommande teman

Under projektet har grundläggande materiabegrepp diskuterats vid intervjuer och lektioner. Jag strävar efter att dels använda tidigare introducerade begrepp och dels ha en viss progression så att dessa begrepp utvecklas och några nya begrepp introduceras. I tabell 9-12 redovisas några aktiviteter inom de fyra teman som är de centrala i projektet och som återkommer

under hela projektet. I tabellerna beskriver jag aktiviteten eller frågeställningen som en rubrik. I tabellen betyder I1 första intervjun och U1 första undervisningssekvensen osv.

### 6.2.1 Materiens faser

Naturvetaren beskriver ofta föremål och ämnen efter deras aggregationstillstånd. För elever är det inte den sorteringsmodell som de först tänker på. Beteckningen ”Fasta ämnen” förvirrar också eftersom fasta ämnen förknippas med hårda ämnen. Skumgummi är inte hårt och dessutom finns det luft inuti det. Trots att eleverna har dessa problem anser jag att fasta ämnen, vätskor och gaser är bra begrepp för eleverna att ha, när de ska beskriva materia. Jag introducerar därför dessa begrepp, och i tabell 9 beskrivs hur vi arbetar med dem.

Tabell 9 Aktiviteter och frågeställningar inom temat ”materiens faser” i intervjuer och lektioner. I1 betyder första intervjun och U1 första undervisningssekvensen osv.

	<b>Aktivitet/Frågeställning</b>
U1	Sortera föremål i grupper där alla föremålen i en grupp har något gemensamt. Begreppen fasta ämnen, vätskor och gaser introduceras.
U1	Smält en isbit så snabbt som möjligt!
U1	Undersök smådelar och korn i fasta ämnen och i vätskor.
U2	Diskussion om övergångar mellan fasta ämnen, vätskor och gaser. Sortera föremål i fasta ämnen, vätskor eller gaser. Undersök hårda och mjuka föremål.
I3	Hur känner man igen ett fast ämne, en vätska och en gas?
U3	Beskrivning av ett antal ämnen.
I4	Hur rör sig partiklar i fasta ämnen? I vätskor? I gaser?

Temat inleds med att eleverna i grupper får göra en sortering av föremål helt efter egna idéer. Vi arbetar med vattnets tre faser på olika sätt vid den första intervjun och den första undervisningssekvensen. Fast, vätska och gas införs som ett sätt att dela in ämnen och föremål och eleverna får vid tredje intervjun beskriva vad som utmärker fasta ämnen, vätskor och gaser. En speciell tanke hos eleverna, som ofta kommer upp vid denna intervju, är att ”fast” inte är ett bra ord, eftersom man lätt kopplar samman detta med hårda ämnen. Detta ställer till problem vid klassificering av pulver och mjuka ämnen.

### 6.2.2 Partikelbegreppet

När elever beskriver olika fenomen som t ex avdunstning, är det många som talar om någonting som går upp i luften eller att något försvinner. Eleverna kan emellertid inte beskriva hur detta sker. När socker löses i vatten ”försvinner det”, men vattnet smakar sött. Jag introducerar en enkel partikelmodell, där vi kallar de ”små vattendropparna” för vattenmolekyler. Denna modell kan kanske vara ett stöd för eleverna, när de talar om det som sker i vardagliga fenomen, utan att de kan se det. Jag tror att det är viktigt att vi ger namn åt begreppen, så att eleverna kan tala om dem. Under projektet kallar vi alla typer av mikropartiklar för molekyler. Orsaken till att jag valde detta var, att jag ville ge partiklarna ett namn och då ett namn som förknippas med partiklar på mikronivå. ”Partiklar” tror jag att eleverna kopplar samman med korn och makroskopiska partiklar. Jag tror att de komplikationer, som det skulle ha inne-

burit att använda både atomer och molekyler, hade medfört större osäkerheter hos många elever. I tabell 10 beskrivs hur vi arbetar med partikelbegreppet.

Tabell 10 Aktiviteter och frågeställningar inom temat ”partikelbegreppet” i intervjuer och lektioner. I1 betyder första intervjun och U1 första undervisningssekvensen osv.

	<b>Aktivitet/Frågeställning</b>
I1	Hur ser vattenången i luften ut, om du tittar med magiska glasögon?
U1	Vi sönderdelar socker och tittar på mindre och mindre delar av socker. Vattenmolekyler och trä molekyler m m introduceras. Molekylernas lägen vid fasändringar dramatiseras.
I2	Hur ser vattenången i luften ut, om du tittar med magiska glasögon? Elevernas spontana användning av ”molekyler” och om eleverna kommer ihåg ”molekyler” studeras.
U2	Hur mycket kan man pressa samman stålull, en järnbit, luft, vatten, plast och skumplast? Varför är mässingscyindern tyngre än cylindern av aluminium? Diskussioner om vad som sker på molekylnivå då 50 ml T-röd och 50 ml vatten blandas och volymen inte blir 100 ml.
I3	Hur ser vattenången i luften ut, om du tittar med magiska glasögon? Elevernas spontana användning av ”molekyler” i sina förklaringar vid intervjun.
U3	Hur ändras vikten av en fotboll då den pumpas? Kan man riva remsor av en tidning på både längden och bredden?
I4	Vad är utmärkande för en gas? Hur ser vattenången i luften ut, om du tittar med magiska glasögon? Elevernas spontana användning av ordet molekyl och om eleverna kommer ihåg detta studeras. Metakognitivt inslag där eleverna får jämföra sina svar på frågan om hur det blir regn, med den skriftliga uppgiften vid introduktionen.

### 6.2.3 Gaser

Gaser förekommer i många olika företeelser i vår omvärld. Undersökningar visar att många har svårt att föreställa sig och förstå vad en gas är och vad gaser har för egenskaper. Under projektet har elever ofta talat om gaser när de beskrivit fenomen. Många elever saknar ett ord för gaser och de kallar alla gaser för luft eller för koldioxid. Ett vanligt svar från elever när de diskuterar t ex vart avdunstande vatten eller ett ämne som brinner tar vägen är, att man säger att det försvinner. Detta behöver inte betyda att elever inte vet att ämnet finns som en gas i luften, utan eleven kanske inte har ord för att beskriva detta. Under temat gaser arbetar vi både med gasers egenskaper och uppträdande samt med gaser, som bildas vid kemiska reaktioner. Vatten som avdunstar är en fysikalisk förändring som vi ofta träffar på t ex när disk eller tvätt torkar. Eleverna använder många begrepp för att beskriva vattnets övergång från vätska till gas. De talar om ånga, imma, dimma, dunsta och de blandar samman dessa ord. Ämnen som luktar avdunstar. Vi känner lukten när gasen når näsan. Vid förbränningen är ofta reaktionsprodukterna gasformiga. Det är av särskilt intresse att se hur elever beskriver syrets eller luftens roll vid förbränningen. Många vet att luft eller syre behövs, men det är inte självklart varför de behövs. I tabell 11 beskriver jag aktiviteterna inom temat gaser.

Tabell 11 Aktiviteter och frågeställningar inom temat ”gaser” i intervjuer och lektioner. I1 betyder första intervjun och U1 första undervisningssekvensen osv.

	<b>Aktivitet/Frågeställning</b>
Intr.	Kan man hålla vatten i flaskan genom tratten om man tätar runt den?
I1	Hur har vattnet kommit från den fuktiga jorden upp på väggarna i burken? Vad händer då ett papper brinner? Vad händer när ett ljus brinner? Vad händer om man sätter ett glas över ett brinnande ljus? Var kommer imman på glaset ifrån? Vad är lukt?
U1	En droppe aceton sätts på ett glas. Vad händer med acetonen? Ett ämne kan vara fast, vätska eller gas.
I2	Vart har vattnet på diskbänken tagit vägen? Vad händer när bensin brinner? Vad händer med en brustablett som läggs i vatten? Var kommer gasen ifrån?
U2	Vilka av föremålen är fasta, vätskor och gaser? Hur mycket kan man pressa samman stålull, en järnbit, luft, vatten, plast och skumplast? Vad händer i en påse med kolsyresnö som plattas ut och knyts ihop?
I3	Hur känner man igen en gas? I övrigt samma som vid I1.
U3	Varför minskar en öppen skål med vatten i vikt? Hur ändras vikten av en fotboll om den pumpas upp?
I4	Vad händer när ett magnesiumband läggs i citronsyralösning? Vad händer när bensin brinner?

#### 6.2.4 Elevers föreställningar om kemisk reaktion

Elever kan ofta beskriva fysikaliska förändringar på ett bra sätt. När ett skeende innebär en kemisk reaktion blir det ofta svårare. Jag väljer här att inte från början introducera begreppet kemisk reaktion utan att studera hur eleverna beskriver fenomen som innebär kemisk reaktion. Eleverna beskriver ibland t ex vad som händer när något brinner som att det sker en avdunstning av vatten. Några av eleverna talar om att det sker något i luften när varm och kall luft möts. De reaktioner vi studerat innebär nästan alltid växelverkan mellan olika ämnen. Det är intressant att se hur eleverna beskriver denna växelverkan, och om de upplever att något nytt bildas. Kemisk reaktion används inte som ett begrepp, men vi gör experiment där något nytt bildas. Vi talar om förbränning, brustabletter i vatten och rostande järn. Under sista undervisningssekvensen talar vi om begreppet ”reagera med”.

I tabell 12 beskrivs hur vi arbetar med temat kemisk reaktion.

Tabell 12 Aktiviteter och frågeställningar inom temat ”kemisk reaktion” i intervjuer och lektioner. I1 betyder första intervjun och U1 första undervisningssekvensen osv.

	<b>Aktivitet/Frågeställning</b>
I1	Vad händer då ett papper brinner? Vad händer när ett ljus brinner? Vad händer om man sätter ett glas över ett brinnande ljus? Var kommer imman på glaset ifrån?
U1	Blandning av två ämnen som ger ett nytt ämne.
I2	Vad har hänt med den här (rostiga) järnbiten? Vad händer med bensinen då den brinner? Vad händer med en brustablett som läggs i vatten? Var kommer gasen ifrån?
U2	Vad händer om man blandar ämnen? Vad händer när ett stearinljus brinner?
I3	Samma som i I1.
U3	Undersökning av vad som händer då stålull läggs i kopparsulfatlösning? Introduktion av begreppet ”Reagera med”.
I4	Vad händer när magnesiumbandet läggs i citronsyralösning? Vad händer med bensinen då den brinner?

## 7 Intervjuer

Ofta förknippar man utvärdering i skolan med papper och pennaundersökningar. Denna metod är dock inte den enda och inte alltid den lämpligaste. När elever har att svara på en blankett med ett antal uppgifter måste hon/han först tolka uppgiften. Därefter skriver hon/han ner ett svar, som kanske påverkas av en association som gör att uppgiften sätts in i en specifik kontext. Sedan har eleven att ta ställning till hur ingående uppgiften ska utredas. Eleven har ofta ingen möjlighet att ställa frågor som kan förtydliga uppgiften.

För att kunna studera utvecklingen av enskilda elevernas föreställningar om några vardagsfenomen, samlar jag in data vid återkommande intervjuer och vid lektionerna. Jag väljer att använda reviderade kliniska intervjuer som har en viss struktur. Intervjuer ger mig möjlighet att studera elevernas kunnande från de båda perspektiven på kunnande som jag har och som jag beskriver i kapitel 4. Jag ser hur eleverna spontant förklarar de fenomen vi diskuterar. Jag kan också se hur eleverna svarar i samtal med mig.

### 7.1 Den reviderade kliniska intervjun

Ursprunget till den kliniska intervjun kommer från psykoanalysen, men systematiska utfrågningar användes redan av de gamla grekerna och romarna. Det var framförallt Piaget (1973, s 2-10) och hans kolleger, som introducerade den kliniska intervjun på 1920-talet som en metod för att kunna förstå hur barn tänker. Pines, Novak, Posner och VanKirk (1978) redogör för idéer som ligger bakom Piagets beskrivning av den kliniska intervjun:

- att fokusera elevens tänkande till det speciella område problemen finns inom
- att förstå vad eleven har för möjligheter att klara av uppgiften och hur eleven tar ställning när han/hon ska förklara ett fenomen
- att intervjuaren måste ta ställning till om
  - eleven förstår problemet
  - eleven tar uppgiften på allvar
  - elevens svar är entydigt eller om det finns en djupare förståelse än vad det verkar.

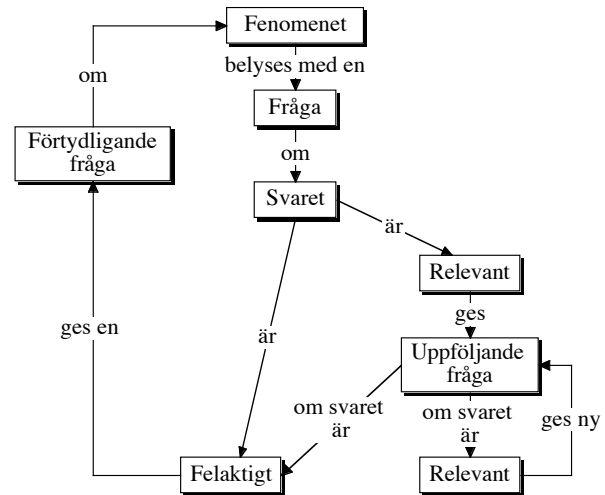
Efter några år reviderade Piaget sin kliniska intervjuteknik. I den reviderade kliniska intervjun hänvisade han till föremål eller skeenden som den intervjuade kunde observera. Den reviderade kliniska intervjun har använts och utvecklats av forskare som studerat elevtänkande inom naturvetenskapen (Kärrqvist, 1985, kapitel 5; Novick & Nussbaum, 1981).

Ginsburg och Opper (1988, s 113-115) karakteriserar den reviderade kliniska intervjun med att den intervjuade utöver att kunna iaktta föremål och skeenden under intervjun också ska kunna hantera föremålen. Intervjun ska vara flexibel, och intervjuaren ska kunna utmana och motsäga den intervjuade under intervjun.

I figuren nedan ger Pines et al. (1978) sin bild av den reviderade kliniska intervjun. Jag har översatt och bearbetat bilden men strukturen är samma som originalet.

Utmärkande för den reviderade kliniska intervjun är det sätt på vilket intervjuaren utnyttjar uppgiften och kompletterar sina frågor under intervjun. Gången genom intervjun kan beskrivas så att man utgår från ett fenomen som ska diskuteras.

Till detta fenomen finns en huvudfråga som man uppmanar den intervjuade att besvara. Om detta svar är felaktigt, dvs om eleven missförstått frågan, kan man ställa en ny förtydligande fråga. Om svaret är relevant kan det utvecklas genom en uppföljande fråga som kan följas av nya. När fenomenet är belyst går man vidare till nästa fenomen. Utformningen av den reviderade kliniska intervjun kan variera mycket. Den kan vara mycket flexibel, där både innehåll och frågor till enskilda elever varierar. Man kan också använda standardiserade intervjuer, där alla deltagare får samma frågor och där samma innehåll diskuteras.



Figur 6 Skeenden under en klinisk intervju enligt Pines et al. 1978.

Piaget (1973, s 2-10) insåg själv svårigheter med den kliniska intervjun. Eleverna kan vara ointresserade och svara utan att reflektera och svaret blir slumpmässigt. Vissa elever funderar inte så mycket utan svarar med vad man först kommer att tänka på. Ibland tänker eleverna mer på vilket svar de tror intervjuaren vill ha. Några elever tänker efter innan de svarar, men det är inte självklart att de använder sina erfarenheter för att besvara frågan. Många elever har redan en färdig förklaring som är resultat av tidigare reflexion, men som inte behöver vara riktig.

Allt mer data, t ex intervjuutskrifter från no-didaktisk forskning, är verbala data. Dessa data används för att beskriva t ex interaktionen när elever arbetar i grupper och utvecklingen av elevers förståelse. Lemke (1988) beskriver vad man kan få ut av dem och de möjligheter forskare har när de använder olika metoder för att analysera dessa verbala data. Det som elever säger blir användbara undersökningsdata bara om det relateras till den verksamhet de analyseras i. Denna rekonstruktion är en kritisk punkt vid analys av data. I den diskursiva analysen som Lemke beskriver, är kontexten viktigt och man måste veta i vilket sammanhang t ex en intervju kommer in. För min studie ska alltså det som elever säger vid en intervju eller under en lektion sättas i relation till tidigare intervjuer, lektioner och andra upplevelser eller erfarenheter eleven har. Det är vidare viktigt enligt Lemke, att originaldata bevaras på ett sådant sätt att de kan analyseras på nytt med helt andra frågeställningar så att andra synvinklar kommer fram. Transkription av intervjuer ger en ny text, vars relation till ljudinspelningen inte helt klart framgår av utskriften. Vi tolkar ljudet på ett annat sätt än utskriften av samtalet. Det skrivna ger också visuell information från layout, styckeindelning m m som inte finns i ljudupptagningen. Interpersonella aspekter och att elever uppfattar intervjun som en utvärdering påverkar också kontexten för intervjun. För att analysera verbala data måste man både vara väl insatt i det ämnesområde som behandlas och ha goda kunskaper i olika sätt att tolka elevers uttalanden. Det elever menar när de använder ord som motsvaras av vetenskapliga begrepp är inte självklart det som finns i läromedel, i lärarens framställning eller i den vedertagna vetenskapliga betydelsen.

Det är viktigt att man inte bara ordagrant skriver ner vad som sägs under intervjun, utan att man också noterar ickeverbala inslag i intervjun. Cohen et al. (2000, s 281) beskriver fenome-



nografisk analys av intervjudata, som kan vara relevant även för andra typer av intervjuanalyser. När intervjuutskriften ska tolkas, måste man ta hänsyn till om det den intervjuade säger är påverkat av vad han/hon tror att intervjuaren är ute efter. Detta underlättas av att man lyssnar på bandet flera gånger och gärna gör flera utskrifter. Från intervjuerna väljer man ut de forskningsfrågor som är relevanta med hänsyn till materialet. Nästa steg är sedan att man skriver om intervjun för att man ska få fram en sammanfattning, som så långt möjligt beskriver den intervjuades föreställningar utan påverkan av intervjusituationen. Innehållet i dessa sammanfattningar ligger sedan som grund för beskrivningen av generella likheter och variationer inom materialet.

När man väljer metod för analys av intervjudata, menar Pedhazur och Pedhazur Schmelkin (1991, s 224-229) att forskaren måste vara den störste kritikern av sina metoder. Jag väljer ut några exempel på risker de anger som kan vara aktuella i min studie:

- mognande – t ex elevers kunskande påverkas inte bara av undervisningen utan också av att de blir äldre och får fler erfarenheter
- intervjusituationen – upprepade intervjuer, där liknande problem diskuteras, påverkar genom att eleverna tränar upp sig och kommer ihåg sina tidigare svar
- mätmetod – olika utformning av intervjuerna påverkar resultatet.

## 7.2 Konsekvenser för min studie

Vid intervjuerna diskuteras ett antal situationer, där jag är diskussionspartner till eleverna. Jag ställer följdfrågor för att jag ska få fram hur långt eleven kan komma med hjälp av vår diskussion. Intervjusituationerna belyses med konkret materiel som är utgångspunkten för diskussionen. Denna materiel kan ses som föremål för eleverna att referera till som fallet är i den reviderade kliniska intervjun (Ginsburg & Opper, 1988, s 133-115). Vid intervjuerna utmanas elevernas föreställningar om kända fenomen. Jag studerar hur de använder sina begrepp, och hur de utifrån ett naturvetenskapligt synsätt talar om de vardagsfenomen som jag introducerar. Vid den första och tredje intervjun används samma situationer, medan näraliggande situationer diskuteras vid de andra intervjuerna. När en elev svarar på en fråga så kan svaret bara vara felaktigt om eleven helt missuppfattat frågan. I övrigt speglar svaret den uppfattning som eleven har. Det viktiga är inte svaret utan det framgångsrika tänkande som leder fram till svaret. Eleverna kommer kanske inte fram till de gängse förklaringarna, men deras förklaring fungerar och måste respekteras av mig, annars leder deras erfarenhet till en upplevelse av misslyckande.

Förutsättningarna för eleverna i en klinisk intervju tycker jag är annorlunda än i en papper och pennauppgift. I ett papper och pennatest formuleras en fråga och eventuellt en uppmaning att man ska beskriva hur man kommer fram till sitt svar. Alla de typer av påverkan av intervju-svar som Piaget nämner finns också i de skrivna svar man får på papper och pennatest. De spontana icke reflekterade svaren och missförstånd av frågan bör dock vara färre vid intervjun eftersom man kan fråga om man inte förstått fenomenet som diskuteras.

Fördelar med intervjun framför skrivna svar tycker jag kan sammanfattas i några punkter

- den ger möjlighet att följa upp givna svar
- det är ofta lättare för barn att uttrycka sig muntligt än skriftligt
- den ger möjlighet att förtydliga både frågeställningar och svar
- den kan ge information om hur elever talar om fenomen i olika kontexter.

Om svaret är oklart kan jag be eleven svara på frågan en gång till. Jag kan också upprepa svaret och fråga om man uppfattat svaret rätt. Ibland kan det vara lämpligt att formulera frågan utifrån ett annat sammanhang.

Mitt val av metod ställer krav på datainsamling och bearbetning av data. Jag måste beskriva de kategorisystem jag bygger upp och använder. Alla kategorier måste definieras och exemplifieras med svar från elever. Jag motiverar hur jag kommer fram till kvalitetskillnader mellan kategorierna i systemet. I några fall kan skillnaderna mellan två olika kategorier vara olika stor inom kategorisystemet. Jag använder medbedömare för att pröva kategoriseringarna. Intervjuerna måste så långt som det är möjligt genomföras på så lika sätt som möjligt. I studien söker jag långsiktig utveckling. Detta gör kanske att effekterna av tillfälligheter vid en intervju kan minskas.

### 7.3 Genomförandet

Intervjuerna genomförs i ett grupprum eller konferensrum, så att verksamheten utanför intervjurummet ska störa så lite som möjligt. Eleven och jag sitter sida vid sida vid ett bord där det finns dels en mikrofon och dels en bricka med den materiel som används för att illustrera situationerna. Inför varje intervjutillfälle kontaktar jag lärarna som får föreslå tider då jag kan komma, så att skolans och klassens verksamhet ska störas så lite som möjligt. Jag informerar alltid lärare och elever om vad som är nästa aktivitet i projektet. I slutet av undervisningssekvensen berättar jag att jag ska komma och tala med eleverna enskilt om ett par månader. Vid intervjuerna talar jag om att jag ska komma tillbaka och ha några lektioner följande termin.

Under introduktionslektionen berättar jag, att jag är intresserad av hur de tänker om några saker som har med natur och miljö att göra. Vi gör några experiment som vi talar om, och eleverna får skriftligt beskriva hur det blir regn. Vid varje intervjustart återkommer jag till att jag inte är ute efter vad de kan eller inte kan, utan hur de tänker om några saker. Jag talar också om att jag inte berättar för deras lärare vad de säger. Vidare framhåller jag gärna att alla svar är rätt om man svarar med vad man tänker. Jag försöker undvika att lotsa eleven när jag ställer följdfrågor. Då eleven svarar "jag vet inte" ställer jag en ny fråga från en annan utgångspunkt eller återkommer till den obesvarade frågan senare. När jag ställer följdfrågor försöker jag använda elevens språk. Jag strävar under alla intervjuer efter att visa mitt intresse och min nyfikenhet på deras förklaringar. Detta tror jag påverkar deras vilja att förklara, så att jag förstår vad de menar.

Intervjuerna behandlar tre eller fyra situationer, som illustreras med materiel som vi använder under samtalet. Jag inleder med en konkret fråga om situationen eller också ber jag dem berätta vad de ser framför sig.

*Jag: Kan du berätta vad jag har gjort med burken och vad som hänt i burken?*

*Elof: Du har lagt ner jord så har det kommit ånga.*

Fortsättningen av intervjun bygger på elevernas svar. Jag har några företeelser som jag vill att de ska berätta om. Samtalen under de individuella intervjuerna kan vara mycket olika men jag är nog med, att de områden jag är intresserad av, ska bli belysta. Som stöd för minnet använder jag ett protokoll för varje situation vi diskuterar. Jag strävar efter stor öppenhet från eleverna och hoppas genom detta, att de ska berätta om sina tankar kring dessa fenomen. Det är intressant att se deras spontana förklaringar, vilka erfarenheter de hänvisar till och i vilken utsträckning de gör kopplingar till det vi diskuterar på lektionerna. Vid ett tillfälle konfronte-

ras eleverna med sina svar från tidigare intervjuer och får ta ställning till om de har ändrat uppfattning. Vid fjärde intervju får de jämföra sina svar om hur det blir regn med det de skrev vid introduktionen. Intervjuerna spelas in på ljudband. Intervjuerna skrivs ut i sin helhet med undantag för enstaka avsnitt, där jag i stället gör en sammanfattning av delar av intervjuerna som behandlar sidospår som vi kommer in på. Jag gör själv utskriften av intervjuerna, eftersom jag med mitt personliga förhållande till materialet kan läsa in mer än vad en utomstående kan göra. Jag tycker också att utskriften av intervjuerna gör att jag kommer in i materialet på ett bra sätt.

## 7.4 Innehållet i intervjuerna

Intervjuernas tidsmässiga förläggning framgår av tidlinjen i figur 2.

### 7.4.1 Första intervjun

Den första situationen som diskuteras åskådliggörs med en tät glasburk med jord, där det finns imma på väggarna. Öppningsfrågan till eleverna är: *"Vad har hänt i burken?"* Eleverna berättar vad de ser och vad som hänt i burken. Vi diskuterar hur vattnet kommit upp på väggarna och hur vattnet beskrivs på sin väg från vatten i fuktig jord till att bli imma på väggarna. Eleverna får bli förklara vad de ser om de använder magiska glasögon som gör att de kan se det osynliga som sker i burken. Speciellt intressant är beskrivningarna av avdunstning och ånga.

Därefter diskuterar vi två olika exempel på förbränning. Öppningsfrågan är: *"Vad händer då ett papper brinner?"* Eleverna får bli följdfrågor om vart papperet tar vägen och om luftens roll. Vid denna diskussion använder jag en eldfast bricka som skydd när jag tänder eld på en bit papper. Därefter diskuterar vi brinnande stearinljus och då startar vi med frågan: *"Vad händer då ett stearinljus brinner?"* Vi diskuterar detta och vad som händer då man sätter ett dricksglas över ett brinnande ljus. Eleverna får beskriva sin hypotes för vad som händer och motivera hur de kommer fram till den. När ljuset slocknar återkommer vi till hur de beskriver luftens/syrets roll vid förbränningen och var imman på väggarna kommer ifrån. De flesta elever talar om luft och inte om syre och jag gör ingen skillnad mellan dessa i min analys av elevernas svar. Under diskussionerna om de båda exemplena på förbränning försöker jag få fram hur eleverna beskriver gaser och hur förbränning beskrivs som tecken på kemisk reaktion eller på annat sätt.

Den avslutande situationen som diskuteras är lukt, där öppningsfrågan är: *"Hur luktar de här karamellerna?"* Eleverna får lukta i en påse med citronkarameller. Detta tas sedan som utgångspunkt för en diskussion om luktande ämnen och hur vi kan känna lukt. Många elever beskriver vad som händer mellan näsan och hjärnan. Jag vill veta mer om vad som händer mellan karamellerna och näsan och om man talar om att något försvinner från det som luktar eller om lukt är ett speciellt ämne. I denna första intervju använder eleverna många vardagsföreställningar för att förklara hur vi kan känna lukt av olika saker.

### 7.4.2 Andra intervjun

Den andra intervjun inleder vi med att diskutera en situation med avdunstning. Öppningsfrågan är: *"Ibland så blir det kvar vatten på diskbänken när man diskat på kvällen. När man sen kommer på morgonen så är det torrt igen där. Vad är det då som hänt?"* Denna situation använder jag som utgångspunkt för att studera hur eleverna beskriver bli vattnets kretslopp,

ånga, avdunstning. De magiska glasögonen används även här för att utmana elevernas föreställningar om vatten i gasform.

Jag visar en järnplåt som är rostig, men där jag putsat bort rosten från en del av plåten. Inledningsfrågan är: *"Vad har hänt med järnplåten?"* Vi diskuterar vad som hänt med järnet och hur rosten bildats. Jag studerar om eleverna använder sina vardagserfarenheter för att beskriva rostbildningen och om de beskriver det som någon form av interaktion mellan luft, vatten och järn.

Vid denna intervju diskuterar vi också bensen som brinner. Öppningsfrågan är: *"Vad händer då bensen brinner?"* Vi diskuterar vad som händer när jag tänds eld på 3-4 droppar bensen i en liten skål och vad som händer när man sätter en glasburk över. Under intervjun vill jag studera hur de beskriver syrets/luftens roll, vad som händer med syre och bensen, och var imman på väggarna kommer ifrån. Även på denna uppgift vill jag studera hur de beskriver kemiska reaktionen vid förbränningen.

Avslutningsvis diskuterar vi vad som händer när man lägger en brustablett i vatten. Burken med vatten och brustablett står på en våg. Vi talar om hur vikten av vatten och tablett påverkas av att det försvinner gas från "vattnet". Öppningsfrågorna är: *"Har Du sett en sådan här brustablett någon gång? Vad händer med den när jag lägger den i vatten?"* Jag vill studera hur eleverna beskriver det som händer och hur de beskriver gasen som försvinner och var den kommer ifrån.

Vid denna intervju studerar jag barnens föreställningar om samma fenomen som vid första intervjun, men jag använder nya situationer att belysa dem utifrån. Glasburken med jord i första intervjun motsvaras av vattnet på diskbänken i andra intervjun och brinnande stearinljus och papper av brinnande bensen i andra intervjun. I den andra intervjun studerar jag också andra exempel på hur eleverna beskriver kemisk reaktion.

### 7.4.3 Tredje intervjun

Vid den tredje intervjun används i huvudsak de frågor jag har vid den inledande intervjun. Vi inleder emellertid samtalet med att tala om fasta ämnen, vätskor och gaser och hur man känner igen dem. Jag använder vid denna intervju ett par andra situationer för att illustrera luktande ämnen: te i en påse och parfymklukt i en buss. Jag vill nu också se hur de beskriver dessa båda situationer som presenteras vid samma tillfälle. I övrigt har vi samma innehåll och uppläggning som i första intervjun.

### 7.4.4 Fjärde intervjun

Intervjun inleds med att vi diskuterar fotbollen vi har vägt, pumpat upp och vägt igen på lekationen. De får förklara hur alla de som tror att fotbollen ska bli lättare, har tänkt. De får också berätta hur fotbollen kan bli tyngre.

Samtalet fortsätter med att vi talar om citronsyra och magnesium, och eleverna får berätta om de hört talas om dessa ämnen tidigare eller om de känner igen ämnena. Vi talar om att citronsyra finns i citroner, och att man ibland använder det i hushållet. Magnesium kopplar jag samman med lättmetall. Vi studerar därefter vad som händer när en magnesiumbit läggs i citronsyra. Öppningsfrågorna till eleverna: *"Vad händer i burken?"* och *"Var kommer gasen ifrån?"* Eleverna får fundera över gasens ursprung och vart den tar vägen liksom magnesiumbitens framtida öde i citronsyralösningen. Även vid denna situation får eleverna utmaningen

att beskriva vad de ser med magiska glasögon. Magnesium/citronsyrasituationen används bl a för att studera hur eleverna beskriver gaser, skeenden som är kemiska reaktioner och materiens byggnad.

Jag ber eleverna att ge exempel på några saker som inte kan brinna. De ger exempel på sten, metall och vatten och säger ibland, att om man bara värmer tillräckligt så kan man nog tända eld på det. Några berättar om brandsäkra kläder som de hört talas om. Därefter diskuterar vi förbränning av bensen på samma sätt som i andra intervjun.

Vid introduktionslektionen får eleverna på ett papper enskilt beskriva hur det blir regn. Jag vill vid denna intervju be dem att berätta det för mig också. Under samtalet studerar jag hur eleverna beskriver vattnets kretslopp, ånga, avdunstning, materiens byggnad och molnens roll för regnet. Därefter tittar vi tillsammans på den beskrivning de gjort tidigare och jag ber dem jämföra sina förklaringar. I de fall de kommer fram till att de svarat olika, ber jag dem att beskriva skillnaden och varför de svarar olika.

Intervjun avslutas med att jag berättar att en av de saker jag vill studera är hur yngre elever förstår molekyler. Som det nu är i skolan kommer molekylbegreppet oftast in under sjunde skolåret. Jag ber dem därefter att berätta lite om vad de vet om molekyler. I intervjuer och under lektionerna talar elever ofta om att molekyler rör sig, men det handlar då ofta om att molekyler rör sig med en gas när den stiger eller med en vätska som hålls över i ett annat kärl. Jag är osäker på om man menar att det finns en partikelrörelse inom ett ämne som är i stillhet. Jag ställer därför en följdfråga om hur molekylerna rör sig i en gas, ett fast ämne och i en vätska.

## 8 Analys av insamlade data

Mina data finns i form av utskrifter av intervjuer och av videoinspelningar av lektioner. Vid analys av mina data från intervjuerna strävar jag efter att förstå elevernas uttalanden, samt kopplingen mellan dessa intervjuer och det vi arbetar med under projektet. Dessutom försöker jag ta reda på om de påverkas av erfarenheter utanför skolan. I detta avsnitt redogör jag för analysen av intervjuerna, och hur jag arbetar med de dataprogram jag använder för att strukturera intervjuerna. När det gäller analys av elevernas utsagor, hjälper dataprogrammen till med att strukturera dessa, men analysen är helt beroende av mina egna tolkningar. Avsnittet avslutas med en beskrivning av utgångspunkterna för mina olika analyser av materialet.

### 8.1 Analys av intervjuer

En metod man använt länge, och som fortfarande används när man studerar elevers föreställningar och beskrivningar, är indelning i kunskapskategorier. Novak och Gowin (1984, s 147) beskriver hur olika kategorisystem används vid analys av intervjuer, men de säger att det inte finns något enkelt recept för hur man kan analysera intervjuer.

”We must remember, however, that as teacher and learners we are not seeking the absolute truths, but rather a better understanding of how the world works.” (Novak & Gowin 1984, s 147-148)

Litteraturgenomgången i kapitel 3 är en utgångspunkt, då jag försöker skapa mina kategorisystem. Ett sätt att starta en kategorisering är att lista olika föreställningar som eleverna har. Efter några få intervjuer har man sett de flesta av de föreställningar som finns i gruppen. Dessa föreställningar sorteras sedan in i större grupper som ordnas så, att de som är närmast den förklaring vi väntar oss eller närmast den vetenskapliga placeras i högsta kategorin. Utifrån sina erfarenheter menar Novak att 80-90 % av svaren kan placeras i någon av de kategorier man sätter upp. De övriga är ofta svåra att placera. Novak beskriver också hur man kan använda begreppskartor som ett verktyg för att analysera intervjuinnehåll. Från intervjuutskriften görs en begreppskarta, som beskriver begrepp och kopplingar mellan begrepp som eleven ger uttryck för. Utvärderare som känner ämnesområdet väl ser med hjälp av begreppskartan hur elevens föreställningar är och vilka osäkerheter som finns hos dem.

### 8.2 Bearbetning av intervjuer med datorstöd

En longitudinell studie, med den uppläggnings jag har, genererar stora mängder data i form av intervjuutskrifter och inspelade videofilmer av lektioner m m. För att möjliggöra ett systematiskt arbete med utskriften av mina intervjuer och lektionsaktiviteter, är det nödvändigt att hitta några dataprogram, som gör det möjligt att söka igenom materialet på olika sätt. Jag har då framförallt använt FileMaker Pro och NUD\*IST.

Jag använder FileMaker Pro som hjälp för att samla mina data på ett överskådligt sätt. FileMaker är ett enkelt databasprogram, som kan användas för att samla texter som intervjuutdrag och för att lägga in kategoriseringar i form av kryssrutor och andra typer av listor. Olika layouter kan läggas upp inom ett dokument och de kan anpassas till registrets innehåll. Likaså kan användningen anpassas med hjälp av programmering med scriptmaker.

Andra perspektiv jag lagt in är hur eleven talar om gaser, fenomen som är kemiska reaktioner och hänvisningar till egna erfarenheter. Jag har också lagt upp kategoriseringar av hur elever-

na talar om t ex lukt, materiens byggnad m m. Med de fält man lägger upp kan man göra olika layouter så man kan göra jämförelser mellan uttalanden om t ex samma fenomen vid olika tillfällen, mellan hur man beskriver gaser vid samma tillfälle/andra tillfällen och hur elevernas partikeltänkande vid intervjuerna kategoriseras.

QSR NUD\*IST är ett dataprogram som kan användas för att underlätta kvalitativa analyser av utskrifter av intervjuer och videofilmer eller av texter. Alla dokument läggs i en databas som textfiler. I denna databas kan man söka enskilda ord eller uttryck i dokumenten. Man kan också bygga upp ett kodningssystem för dokumenten och lägga in kategorier på textavsnitt i intervjuutskrifterna. Kodningen kan ligga som så kallade fria noder eller noder i en trädstruktur. Under arbetet kan man också lägga in kommentarer till enskilda dokument eller till någon nod. När man kodat materialet kan man göra olika typer av sökningar. Man kan ta ut de rapporter man önskar med utgångspunkt från t ex samma kod eller ett visst ord eller uttryck i alla dokument. Man kan också få en rapport om hur ett visst intervjudokument kodats. Man kan t ex ta fram alla dokument för elever som har samma kodning, exempelvis *”att syre förbrukas vid förbränning”* eller skriva ut en sammanställning av all kodning för en viss elev. Rapporterna kan sparas som wordfiler. Programmet ger möjlighet att arbeta med stora datamängder och hela materialet, både grunddata och kodning, ligger i databasen.

### 8.3 Utgångspunkter för analyserna

Jag har valt att göra en studie av ett antal elever utan att ha en kontrollgrupp och därför görs inga jämförelser med elever utanför gruppen. Min avsikt är främst att genomföra en kvalitativ studie av hur en elevgrupp utvecklar sitt kunnande. Jag väljer att diskutera samma situationer vid första, tredje och femte intervjun. Den femte intervjun redovisas inte här. Min modell med upprepade intervjuer och frågor, medför att jag måste vara uppmärksam på hur detta påverkar eleverna vid intervjuerna när jag värderar mina resultat. Campbell och Stanley (1963) diskuterar vilka effekter på elevernas svar som denna typ av studier kan ge och som man måste ta hänsyn till när man gör utvecklingsstudier. De menar att historien, alltså det som eleverna upplevt före projektet, också påverkar deras svar. Eleverna mognar under tiden. Detta och elevernas nya erfarenheter under tiden påverkar deras lärande. Själva intervjusituationen påverkar också deras svar, och de upprepade frågorna brukar ge högre kvalitet i senare test. Elevernas medvetenhet brukar också öka för varje intervjutillfälle. Jag väljer att ha denna design, eftersom jag tror att elevernas förklaringar till viss del är knutna till situationen. Osäkerheten om elevernas förståelse av t ex förbränning blir större, om jag väljer olika kontext vid varje tillfälle. Jag väljer därför t ex att tala om brinnande stearinljus och papper vid intervju 1 och 3 och brinnande bensin vid intervju 2 och 4. Även för de andra begreppen väljer jag att ha samma situation för intervjuerna 1 och 3 och andra situationer i de övriga intervjuerna.

Bearbetning och analys underlättas av de dataprogram, som jag använder under arbetet och som också ger nya möjligheter att studera intervjuutskrifter och utskrifter från lektionsvideor. Jag studerar elevernas utveckling under de två år jag följer dem, och ser om jag kan relatera detta till de lektioner och de intervjuer vi har under tiden. Jag studerar också hur eleverna kopplar samman de vardagliga fenomen vi talar om med sina egna vardagserfarenheter. För att beskriva utvecklingen görs analysen av utvecklingen från följande perspektiv:

- Elevens förklaringar på egen hand, som svar på en skriftlig eller muntlig uppgift.
- Det som eleverna kan prestera i samtal med mig. Jag försöker stimulera eleverna att utnyttja sin utvecklingszon.

### 8.3.1 Nyckelidéer

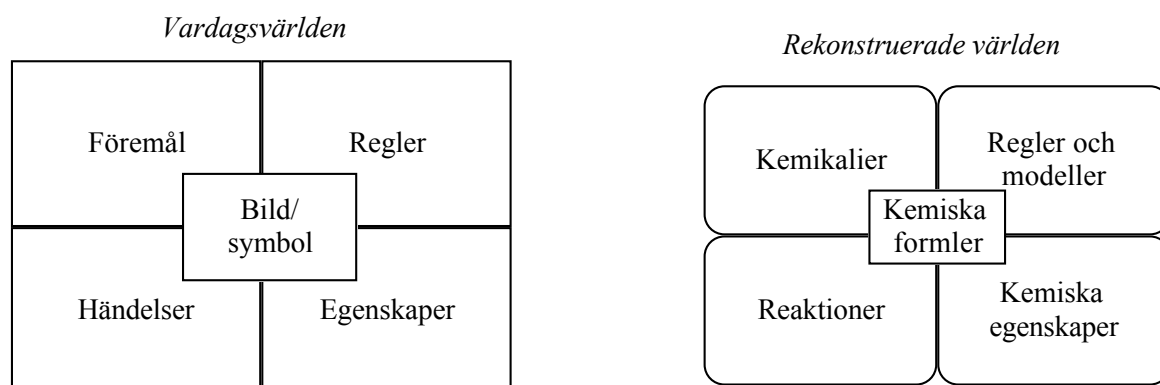
I studien är undervisningssekvenserna en bakgrund som påverkar utvecklingen. I alla analyser gör jag en koppling till de nyckelidéer, som är utgångspunkt för min lektionsplanering. De nyckelidéer jag har för mina lektioner, bygger på mina slutsatser av resultaten av den forskning om barns lärande och barns föreställningar som presenteras i kapitel 2 och 3. Nyckelidéerna kan också ses som exempel på de förväntningar jag har på elevernas förståelse av de vetenskapliga begreppen och progressionen i hur olika komponenter i dessa kan byggas upp. Med förståelse menar jag då, hur de kan använda sin kunskap i naturvetenskap för att tala om vardagliga fenomen dels spontant och dels i samtal med mig. Som exempel ges i tabell 13 en sammanställning av nyckelidéer när det gäller gaser.

Tabell 13 Exempel på nyckelidéer om gaser som används i undervisningssekvenserna.

U1 – nyckelidéer	U2 – nyckelidéer	U3 – nyckelidéer
Gaser finns. Ånga kan avdunsta från vatten. Ett ämne kan vara fast, vätska eller en gas. Ånga är en gas.	Ett ämne kan vara fast, vätska eller en gas. Gaser är materia. Gaser kan komprimeras. Fast ämne kan bli en gas.	Ånga finns i luften. Luft väger. Luft kan komprimeras.

### 8.3.2 Kunskapens olika världar

Nyckelidéerna bygger på vad jag vill lyfta fram i undervisningen om t ex gaser. I dessa beskrivs hur naturvetenskapens begrepp kan användas för att utveckla elevernas förståelse av vardagliga fenomen. Vi kan använda våra kunskaper i naturvetenskap för att tala om och förstå vår vardagsvärld bättre. Tiberghien (1999) diskuterar elevens lärande och förståelse av naturvetenskapliga begrepp och fenomen utifrån de två världar, som naturvetenskapen och vår vardagsvärld utgör. När en elev eller en grupp elever ska tolka en situation eller göra förutsägelser om vardagssituationer används ofta modelltänkande. Då kopplas teori/modellvärlden samman med vardagsvärlden eller den materiella världen. Le Maréchal (1999) utvecklar idéen med modellen om de två världarna utifrån ett kemiperspektiv. I figur 7 gör jag en översättning av Le Maréchals bild av de två världarna. Han talar om fem subdomäner i endera världen, som har sina motsvarigheter i den andra världen.



Figur 7 Le Maréchals beskrivning av vardagsvärlden och den rekonstruerade världen med sina fem subdomäner.



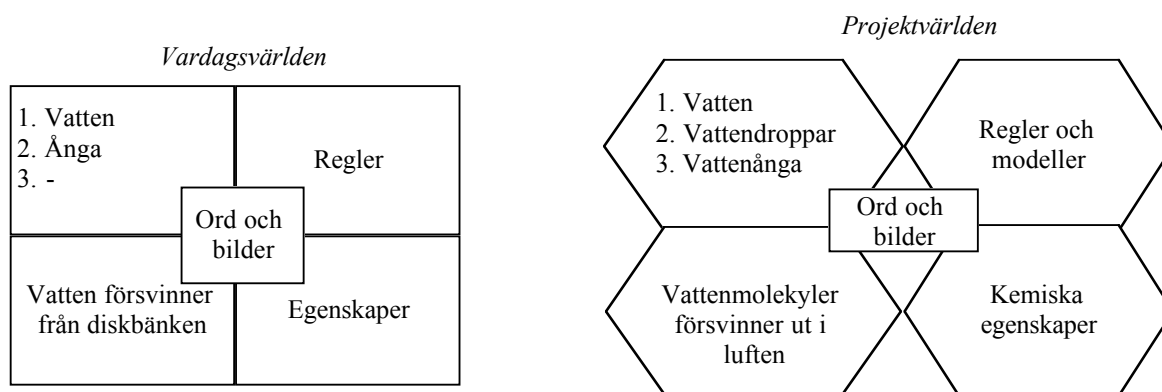
På kemisternas nivå är molekyler verkliga föremål, som har egenskaper och som förändras vid kemiska reaktioner. För många elever är bara det som är synligt verkligt. De bygger sina förklaringar på modeller, som innehåller begrepp som överensstämmer med detta. Le Maréchal försöker beskriva den tankeverksamhet som det innebär för oss att förklara vår tolkning av vardagsvärlden med hjälp av kemisternas rekonstruerade värld, som bygger på dess begrepp och modeller. I tabell 14 belyses de olika subdomänerna med exempel.

Tabell 14 Exempel från de olika subdomänerna i Le Maréchals vardagsvärld och rekonstruerade värld.

Vardagsvärlden		Rekonstruerade världen	
Föremål	Salt	Kemikalier	Natriumklorid
Regler	Vatten kokar.	Regler och modeller	Vatten övergår från vätska till gas när det kokar.
Egenskaper	Citroner smakar surt.	Kemiska egenskaper	Citronsyra är en syra enligt Brønstedts definition.
Händelser	Gasen exploderar.	Reaktioner	$2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
Bild/Symbol	Ord t ex ”vätska”	Kemiska formler	$2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

I den studie som Le Maréchal (1999) gör, tolkar han elevernas felaktiga svar och beskriver de svåra kopplingarna mellan begreppen i de båda världarnas subdomäner. Han menar att kunskap om detta kan utnyttjas för att utveckla elevernas förståelse.

När vi arbetar med förståelsen av vardagsfenomen i no-ämnen med yngre elever rör vi oss också mellan två världar. Den ena är även här den vardagsvärld som eleverna upplever, men den andra är inte riktigt samma rekonstruerade värld som Le Maréchal beskriver. Den aktuella rekonstruerade världen har med inslag från både den av kemisterna rekonstruerade världen och från vardagsvärlden. Jag vill t ex undersöka om en enkel partikelmodell är användbar för eleverna när de ska förklara vardagsfenomen med anknytning till naturvetenskap.



Figur 8 Exempel på beskrivning av avdunstning i vardagsvärlden och projektvärlden.

I figur 8 beskriver jag en modell över den rekonstruerade värld jag använder när jag arbetar med min elevgrupp. Jag använder detta för att beskriva de målsättningar jag har för att utveckla elevernas förmåga att använda kunskaper från naturvetenskap när de talar om vardagliga fenomen. I figuren används avdunstning av vatten från diskbänken som exempel. I vår vardagsvärld talar vi om ”ångan”, som stiger upp som en vit rök från det kokande vattnet, men detta är små vattendroppar. Vattenånga som gasformigt vatten har ofta ingen motsvarig-

het i vårt vardagsspråk. För att beskriva egenskaper hos ämnen och förklara skeenden använder vi en enkel modell från kemisternas rekonstruerade värld. I vardagsvärlden upplever vi att vatten, som blivit kvar på diskbänken, försvinner efter några timmar. Med en enkel partikelmodell kan detta förklaras med att vattenmolekylerna lämnar diskbänken och går ut i luften. Dessa vattenmolekyler finns sedan kvar i luften. Detta är den högsta förklaringsnivå som jag förväntar mig att eleverna i gruppen ska kunna nå. I de olika delarna av resultatredovisningen diskuterar jag tillämpliga subdomäner i vår rekonstruerade värld och i vardagsvärlden och relaterar dessa till den av kemisterna rekonstruerade världen.

### 8.3.3 Högsta kategorin

Jag kategoriserar olika uttalanden av elever i intervjuerna. Eleverna talar t ex flera gånger om gaser och alla dessa uttalanden hör inte till samma kategori i mina kategorisystem. Eleverna tar i de beskrivningar som innehåller gaser, upp olika saker beroende på den situation de talar om. Eleverna kan också ha flera olika modeller för gaser som är mer eller mindre utvecklade. De använder dessa modeller eller delar av dessa modeller, när vi talar om olika fenomen. Mina frågor utmanar då eleverna att använda sina gasmodeller på olika sätt. I min analys kan jag välja att tilldela eleven den högsta kategorin de har vid respektive intervju. Jag skulle också kunna välja den kategori som de använder vid flest tillfällen under intervjun eller medianvärdet vid respektive intervju. I tabell 15 finns en sammanställning över antalet markeringar för sex elever vid en intervju. Av dessa sex elever har hälften samma högsta kategori som den vanligaste. Medianvärdet stämmer väl överens med det vanligaste, men det stämmer inte med det högsta värdet eleven använder.

Tabell 15 Antal markeringar av respektive kategori vid en intervju för sex elever vid fjärde intervjun (I4). Kategori A har lägst kvalitet och Kategori D den högsta.

Elev	Kategori A	Kategori B	Kategori C	Kategori D
Alma I4	2	3	1	0
Maja I4	0	3	1	1
Siv I4	1	1	1	2
Carl I4	1	3	0	1
Leif I4	1	3	0	0
Tor I4	0	1	1	0

Om jag väljer att använda typvärdet, det vanligaste värdet, kan det motiveras med, att detta är den starkaste modellen som eleverna kan använda. De ser flest situationer där den är användbar. I typvärdet kan man få med effekterna av att elever har någon kategori, som de gärna använder. Jag väljer att ta den högsta kategorin som eleven tilldelas vid respektive intervju som kategorivärde för eleverna. Eleverna visar att de har kunskaper att t ex tala om gaser på en viss nivå, om de stimuleras att göra det. Under intervjuerna gör t ex Maja uttalanden som kategoriseras till *Kategori B*, innan hon säger det som gör att hon tilldelas *Kategori D*. Min kategorisering bygger alltså på den högsta kategori som eleven visar under intervjun och inte på den vanligaste.

### 8.3.4 Hur utvecklas elevernas förståelse?

Driver och Easley (1978) beskriver två olika sätt att studera elevers begreppsutveckling inom naturvetenskap. Man kan jämföra elevers kunskaper mot en norm som är den gällande naturvetenskapliga förklaringen. Detta kallar de för nomotetiska studier. Ett annat sätt är att man gör ideografiska studier där man tolkar och beskriver elevers förståelse utifrån deras egna förklaringar och de ord som de själva använder. Eftersom mina undervisningssekvenser går ut på att eleverna ska utveckla grundläggande naturvetenskapliga begrepp för att förstå vardagsfenomen bättre, är båda sätten att studera begrepp av intresse. Jag väljer därför att studera elevernas begreppsutveckling utifrån ett modifierat ideografiskt perspektiv. Jag utgår ifrån elevernas vardagsuppfattningar såsom de kommer fram i deras svar och kategoriserar dessa med utgångspunkt både från innehållet i dem och från naturvetenskapliga förklaringsmodeller. Dessa kategorier ordnas sedan så att jag får högre och högre kvalitet i förklaringarna så att de högsta kategorierna är svar som mest liknar de gällande naturvetenskapliga normerna. Exempel på områden där denna analysmetod används är elevernas beskrivningar av förbränning och vad de ser när de tittar in i luft med vattenånga med magiska glasögon och hur de beskriver fenomen som innebär att en kemisk reaktion sker.

De kategoriseringssystem som på detta sätt skapas används för att beskriva dels hur elever spontant svarar på intervjufrågor, dels hur de talar om fenomenen i dialog med mig.

### 8.3.5 Fallstudier

De fyrtio eleverna i projektet kategoriseras och beskrivs inom några olika delområden. I denna redovisning kan man följa enskilda elevers utveckling i stort. Inom några områden gör jag fallstudier, där jag mera i detalj följer enskilda elevers utveckling i t ex hur de talar om gaser eller hur de använder sin molekylmodell. För att ytterligare visa vad man kan få ut ur materialet jämförs för fyra elever deras utveckling ur olika perspektiv.

## Resultat

Jag använder framför allt data från intervjuerna i min analys. Mina frågeställningar handlar om utvecklingen av enskilda elevers kunnande med de två perspektiv på kunnande jag har i studien. Ibland är det naturligt att se på hela gruppens utveckling. Redovisningen inleds med analys av elevernas föreställningar om det partikelbegrepp som introduceras under lektionsserierna. Parallellt med denna analys studerar jag hur elevernas förklaringar av makroskopiska händelser utvecklas under projektet. Jag har speciella avsnitt om beskrivningar av och förklaringar till vad som händer när något brinner, samt om fasändringar för vatten. Det är svårt att särskilja effekterna av introduktionen av ett partikelbegrepp från andra inslag i undervisningssekvenserna. Det är också svårt att säga vad som är effekter av undervisningen i stort eller vad som beror på andra erfarenheter eleverna har före och under projektet. Det viktiga för mig är att studera utvecklingen och därigenom få en bild av elevernas möjligheter att diskutera och förklara vardagsfenomen med eller utan hjälp av ett partikelbegrepp.

Elevernas föreställningar byggs upp bl a av de erfarenheter de har utanför skolan. Jag redovisar en analys av hur eleverna känner igen och knyter samman situationerna vid intervjuerna med tidigare erfarenheter. Är det vi talar om helt nya saker som inte relateras till tidigare erfarenheter? Hur använder de sina tidigare erfarenheter under intervjuerna? Kan man se någon utveckling i hur de använder sina tidigare erfarenheter?

För att belysa enskilda elevers utveckling mer i detalj inom olika delar redovisar jag fallstudier för enskilda elever inom några delområden. Några beskrivningar av lärandesituationer redovisas också för att ge en bild av elevernas föreställningar och hur dessa prövas och utvecklas i diskussion med andra elever samt i diskussion med mig. Under intervjuerna kan jag bara studera hur de prövar och utvecklar sina föreställningar i samtal med mig.

Resultatredovisningen inom respektive avsnitt inleds med en analys av projektet från de perspektiv som avhandlas där. Jag använder då en modifiering av de scheman som Le Maréchal (1999) presenterar som en konkretisering av Tiberghiens (1999) teorier om lärandeperspektiv vid praktiskt arbete. Jag lyfter också fram de nyckelidéer jag har i projektet inom respektive område.

Jag använder dels analysmetoder, som tidigare använts och som redovisas i teoribakgrunden, (kapitel 3) och dels egna instrument som diskuteras i mina kommentarer (kapitel 17). I resultatdelen sammanfattar jag mina resultat kortfattat utan att analysera dem i förhållande till tidigare forskning. I diskussionsdelen kommenteras resultaten i relation till mina problemställningar och till den forskning som redovisas i kapitel 3.

En av eleverna deltar inte i första intervjun och en annan inte i den andra intervjun. Det är därför totalt 39 elever vid första, 39 elever vid andra och 40 elever vid den tredje och 40 elever vid den fjärde intervjun.

## 9 Partikelbegreppet

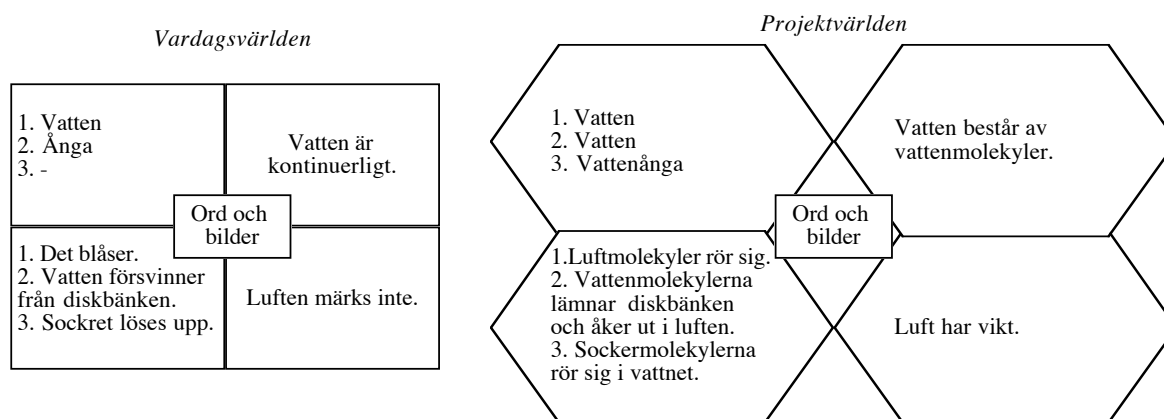
### 9.1 Nyckelidéer och kategorisering

Ett av mina syften är att jag vill studera hur introduktionen av en enkel partikelmodell påverkar utvecklingen av hur eleverna diskuterar och förklarar vardagsfenomen. Under lektionerna har vi arbetat med några nyckelidéer för en enkel partikelmodell och redovisningen börjar med en analys av dessa i undervisningssekvenserna. Därefter studeras hur eleverna använder det partikelbegrepp som presenterats och diskuterats vid lektionerna. Analysen avslutas med ett försök att kategorisera elevernas molekylbegrepp från tre olika aspekter.

Tabell 16 Nyckelidéer vid lektionerna under arbetat med partikelbegreppet.

	Nyckelidéer
U1	Vi kan dela t ex socker i mindre och mindre delar. Alla ämnen är uppbyggda av smådelar, som är så små att vi inte kan se dem. Vi kallar dessa minsta byggstenar för molekyler. Det finns många olika slags molekyler som t ex vattenmolekyler och trä molekyler. När vatten avdunstar åker vattenmolekylerna ut i luften
U2	Det finns olika slags molekyler. Egenskaper på makronivå kan förklaras med den enkla partikelmodellen. Ämnen är olika tunga eftersom molekylerna väger olika mycket och sitter olika tätt intill varandra.
U3	Det finns olika slags molekyler. Egenskaper på makronivå kan förklaras med den enkla partikelmodellen. Molekyler har vikt. Gasmolekyler kan packas samman.

Materiens byggnad och partikelmodellen är exempel på ett område där de två världarna som beskrivs av Tiberghien (1999) och Le Maréchal (1999) är tillämpbara. I vardagsvärlden talar vi om att vatten avdunstar eller kokar. I den rekonstruerade världen beskrivs dessa skeenden med hjälp av naturvetenskapliga begrepp där partikelmodellen är en viktig komponent. Jag modifierar framställningen av den rekonstruerade världen för att koppla den till den kontext som detta projekt utgör. Jag använder alltså en modifierad symbol- och modellvärld som är anpassad till uppläggnen av detta projekt. I figur 9 belyser jag detta med exemplet vatten som avdunstar från diskbänken.



Figur 9 Le Maréchal-schema för partikelbegreppet i mitt projekt.

Eleverna upptäcker att vattnet försvinner från diskbänken, men de kan inte se att det blir mer vattenånga i luften. När vi ska försöka förklara det som sker kan vi använda vår rekonstruera-

de värld som jag kallar *Projektvärlden*. Där använder vi modellen att vatten består av rörliga molekyler och att några av dessa vattenmolekyler kan lämna vattnet vid vattenytan och komma ut i luften. Dessa små molekyler är osynliga så vi ser inte att de rör sig från diskbänken ut i luften. Skillnaden mellan denna rekonstruerade projektvärld och vetenskapens rekonstruerade värld är, att vi gör förenklingar av vår modell och våra förklaringar. När molekylbegreppet introduceras kallar vi alla byggstenar i ämnen för molekyler. Vi kallar även atomerna i grundämnena för molekyler. Jag introducerar de mikroskopiska byggstenarna som små, små vattendroppar och små, små sockerkorn. Många elever fortsätter att ge molekylerna makroskopiska egenskaper. Min hypotes är att detta kan vara ett steg för eleverna mot att sedan tala om mikroskopiska partiklar och därmed få ett partikelbegrepp som ligger närmare vetenskapens begrepp.

I vår rekonstruerade projektvärld tar jag inte med att orsaken till att vissa molekyler lämnar vattnet är, att de har så hög rörelseenergi att de kan lämna vattenytan. Vi går heller inte in på varför vissa vätskor har lättare att avdunsta än andra.

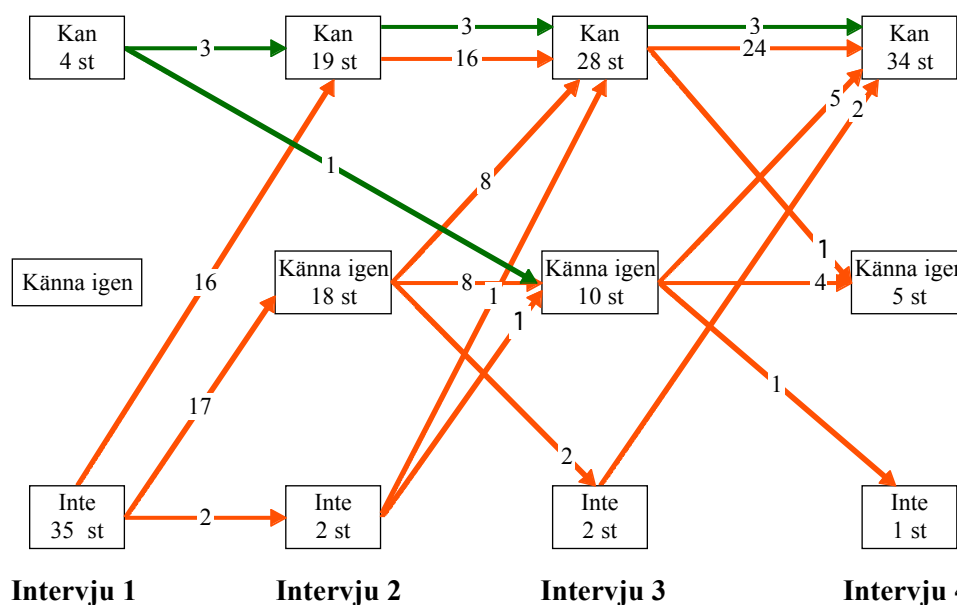
## 9.2 Användning av ordet molekyl

När jag arbetar med partikelbegreppet använder jag ordet molekyl som namn på partiklarna. Molekyl är ett nytt ord för nästan alla elever, och jag vill studera hur de tar till sig och använder detta nya ord för mikropartiklar som de inte kan se. Jag kategoriserar elevernas ordkunskap om molekyl enligt tabell 17.

Tabell 17 Beskrivning av kategorierna angående kunskap om ordet molekyl.

Kategori	Beskrivning	Exempel
Inte	Eleven nämner inte ordet själv och känner inte igen det när jag frågar om de känner igen ordet molekyl.	<i>Alf I2: Som bollar kanske</i> <i>Jag: Det är faktiskt som små bollar. Vi har ett speciellt namn på dem.</i> <i>Alf I2: Vet jag inte. "Kontroll"</i> <i>Jag: Molekyler känner du igen det?</i> <i>Alf I2: Jag känner inte till det.</i>
Känner igen	Eleven nämner inte ordet molekyl själv men känner igen det när jag frågar.	<i>Jag: De här små, små vattendropparna kommer du ihåg vad de kallas?</i> <i>Dan I2: Nej.</i> <i>Jag: Molekyler kommer du ihåg det?</i> <i>Dan I2: Ja.</i>
Kan	Eleven använder ordet molekyl själv i sina beskrivningar av fenomenen vi diskuterar vid intervjuerna. Jag gör ingen värdering av hur de använder ordet molekyl.	<i>Disa I1: Det är att små molekyler eller vad det är som... Ja det är små jättesmå vattendroppar som kommer från marken så kommer de upp och så bildar de moln. Fast de har inte kommit ut så därför fastnar de där.</i> <i>Leif I4: De har molekylerna har vattenmolekylerna. De har liksom öppnats så har de gått ihop.</i>

I figur 10 beskrivs utvecklingen av hur eleverna använder ordet molekyl i de olika intervjuerna enligt min kategorisering.



Figur 10 Förändringar av elevernas användning av ordet molekyl. Kategorisering enligt tabell 17. Den elev som inte deltar i första intervjun har kategorin *känner igen* i den andra och den som inte deltar i den andra har kategorin *kan* i den första och *känner igen* i den tredje.

Kategorin *känner igen* förutsätter att jag litar på att eleverna är ärliga i sina svar på frågan om de känner igen ordet eller ej. De elever som tilldelas *känner igen* visar ofta detta genom att upprepa ”Ja visst molekyl”.

Ur figur 10 framgår att alla elever utom en kommer ihåg ordet molekyl eller använder det under samtalen vid fjärde intervjun. Endast enstaka elever har en lägre kunskap om ordet i senare intervjuer. De tre elever som använder ordet molekyl i första intervjun, gör det också i de följande. De förändringar som sker under tidsperioden beror troligen på att vi har en undervisningssekvens mellan varje intervju, då vi bl a arbetar med olika exempel för att belysa partikelbegreppet. Det kan också bero på att eleverna under den här tiden träffar mig några gånger. I de senare intervjuerna kanske de förstår mina frågor och syftet med dem bättre och bättre. Sexton av de elever som tilldelas *inte*-kategorin vid första intervjun kommer upp till *kan*-nivån redan vid andra intervjun medan tjugosex gör vid tredje och trettioen vid fjärde intervjun. Alla utom sex elever vet vid fjärde intervjun att man kallar de små partiklarna för molekyler. En av dem vet emellertid detta vid en tidigare intervju. För många elever räcker det inte med att vid ett tillfälle träffa på ordet. De måste höra det och arbeta med det några gånger för att kunna och använda det. Enligt denna analys tycks ordet molekyl inte bereda de flesta elever några större svårigheter.

### 9.3 Magiska glasögon

Vid alla intervjuer får eleverna beskriva vad de tror att de ser om de i fantasin använder Nussbaums (1985) idé med magiska glasögon som gör det osynliga synligt. I första och tredje intervjun har vi en tät glasburk med fuktig jord. I den andra intervjun är det vattenånga som avdunstar från diskbänken och i den fjärde intervjun annan gas som bildas och försvinner ut i luften. I all luft finns vattenånga men eleverna beskriver utseendet av den vattenånga som stiger t ex från den fuktiga jorden. Eleverna får tala om vad de ser om de använder magiska

glasögon, som gör det osynliga synligt i samma situation vid första och tredje intervjun. Deras svar har kategoriserats enligt tabell 18. Min avsikt med analysen är att se vilka elever som har ett partikeltänkande för gaser. Därför väljer jag att samla både de som talar om molekyler och de som talar om små partiklar i högsta kategorin. När de talar om rök menar de ofta att det är en rök som bildas, så alla svar med att de ser rök eller en gas samlas i samma kategori. Dessa svar anser jag vara av högre kvalitet än svaren, där de talar om att de ser vatten eller att det ser vitt ut. När de svarar att det ser vitt ut, säger de nästan alltid att det ser ut som vatten. Svaren i *vatten/vitt* betyder att man beskriver vattnet som lämnar jorden som vätskeformigt vatten.

Tabell 18 Kategorisering av svar på frågan om vad man ser när man tittar in i en gas med magiska glasögon.

Kategori	Beskrivning	Exempel
Vet inte	Eleven säger att den inte vet.	<i>Rosa: Jag vet inte riktigt.</i> <i>Svea: Det växer gräs där.... jag vet inte</i>
Vatten/vitt	Eleven säger att det ser ut som vatten eller att det är vitt som vatten.	<i>Alma: Som dimman och lite mer suddigt än dimman.</i> <i>Anja: Vattnet stiger.</i>
Rök/Gas	Eleven säger att de ser någon form av gas.	<i>Elis: Det skulle vara precis som om det åkte upp fast det skulle ha kommit upp precis som rök.</i> <i>Stig: Det skulle kanske gå uppåt precis som gas som man kan se lite gå uppåt.</i>
Molekyler/små droppar	Eleverna säger att de ser någon form av små partiklar.	<i>Disa: Vet inte riktigt. Kanske är det små, små molekyler av luft som kört runt som om det var fuktigt där.</i> <i>Rune: Ja där skulle nog vara små, små droppar så det är små, små droppar som inte syns så de stiger uppåt.</i>

I tabell 19 har elevernas svar vid den första och tredje intervjun sammanställts. Jag kommer även längre fram att använda denna typ av tabeller och förklarar dem därför med utgångspunkt från denna tabell.

Tabell 19 Jämförelse mellan kategoriseringen av svaren på frågan om vad man ser med magiska glasögon vid intervju 1 och 3 – vatten avdunstar från jord i en sluten burk.

		Intervju 3				
		Vet inte	Vatten/vitt	Rök/gas	Molekyler/små droppar	
Intervju 1	Vet inte	2	1		3	6
	Vatten/vitt	1	1	7	10	19
	Rök/gas	1			5	6
	Molekyler/små droppar	2			6	8
		6	2	7	24	39

I den vågräta raden *vet inte* framgår det hur de sex elever som svarar *vet inte* vid första intervjun svarar vid tredje intervjun. Svaren från två av dessa kategoriseras som *vet inte*, en som *vatten/vitt* och tre som *molekyler/små droppar*. Av de 19 elever som kategoriseras till *vat-*



ten/vitt vid första intervjun kategoriseras en elev till *vet inte*, en till *vatten/vitt*, sju till *rök/gas* och tio till *molekyler/små droppar* vid den tredje intervjun. Kategoriseringen görs så att kvaliteten i svaren ökar från *vet inte* till *molekyler/små droppar*. Tjugosex elever har högre och fyra har lägre kvalitet i sina svar i den senare intervjun.

Vid varje intervju får eleverna en fråga om vad man skulle se med magiska glasögon. Vid andra intervjun är det i samband med situationen att vatten på en diskbänk avdunstar och sedan finns i luften. Vid den fjärde intervjun handlar det inte om vattenånga utan om vätgas som bildas då en bit magnesiumband läggs i citronsyralösning. Om vi ser till vardagsvärlden så skiljer sig de tre situationerna ganska mycket åt. Vattenången i en sluten burk kan av vissa elever uppfattas som att den är inestängd i burken. Andra elever tror den kan komma ut trots att det finns ett tätt lock på burken. När vattnet kommer ut i luften i rummet ligger det närmare till hands att tala om att vattnet försvinner än om att man ser vattendroppar av kondenserad vattenånga på glasburken. Beträffande vattnet på diskbänken kan vi se både att det finns och att det försvinner medan vattnet i jorden inte är synligt. Många av eleverna förklarar uppkomsten av regn med att vatten avdunstar från haven. Situationen med vätgasen vid fjärde intervjun skiljer sig i både den rekonstruerade världen och den av eleverna upplevda världen från de övriga situationerna. Vi ser att det bildas bubblor, som går upp till ytan och spricker. Vi talar om att gasen går ut i luften och eleverna får förklara vad de ser om de använder magiska glasögon. Vid situationerna i de tre första intervjuerna ser eleverna inte gasen i luften. Här ser de gasen som gasbubblor som stiger genom vattnet och detta kan påverka beskrivningen av vad de ser med magiska glasögon. Jämförelser mellan kategoriseringen av svaren vid de olika intervjuerna redovisas i tabell 20-21.

Tabell 20 Jämförelse mellan kategoriseringen av svaren på frågan om vad man ser med magiska glasögon vid första intervjun (glasburk) och den andra (diskbänken).

		Intervju 2				
		Vet inte	Vatten/vitt	Rök/gas	Molekyler/små droppar	
Intervju 1	Vet inte	3	2		1	6
	Vatten/vitt	2	4	6	7	19
	Rök/ gas		2		4	6
	Molekyler/små droppar	2			5	7
		7	8	6	17	38

Tabell 21 Jämförelse mellan kategoriseringen av svaren på frågan om vad man ser med magiska glasögon vid första intervjun (glasburken) och den fjärde (vätgasen).

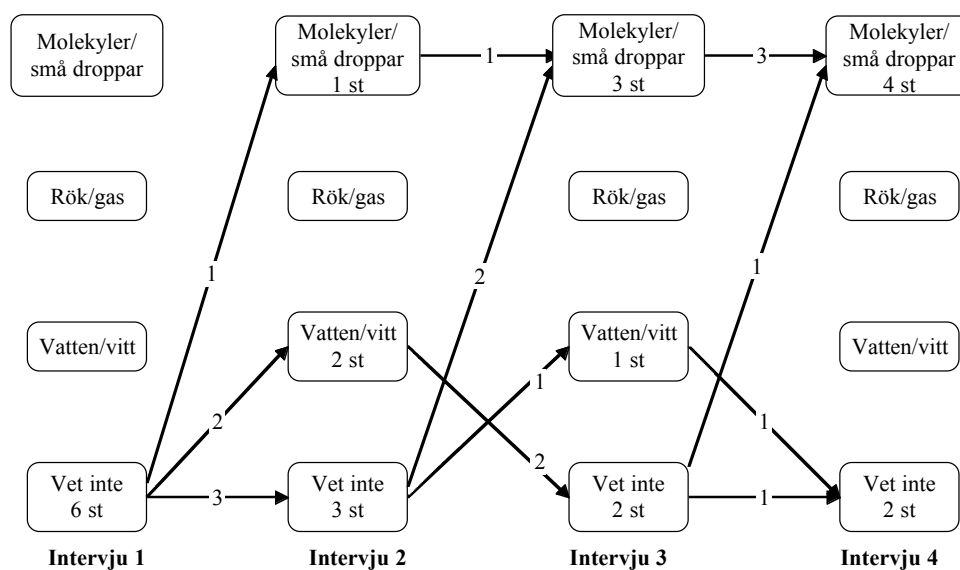
		Intervju 4				
		Vet inte	Vatten/vitt	Rök/gas	Molekyler/små droppar	
Intervju 1	Vet inte	2			4	6
	Vatten/vitt			4	15	19
	Rök/gas			4	2	6
	Molekyler/små droppar			1	7	8
		2	0	9	29	39

Vid andra intervjun har tjugo elever högre och sex elever lägre kvalitet i sina svar än vid den första. Vid en jämförelse mellan den första och den fjärde intervjun har 25 kategoriserats till en nivå med en högre kvalitet och en till en med en lägre. Många av dem som har högre nivåer har också ökat med mer än ett steg.

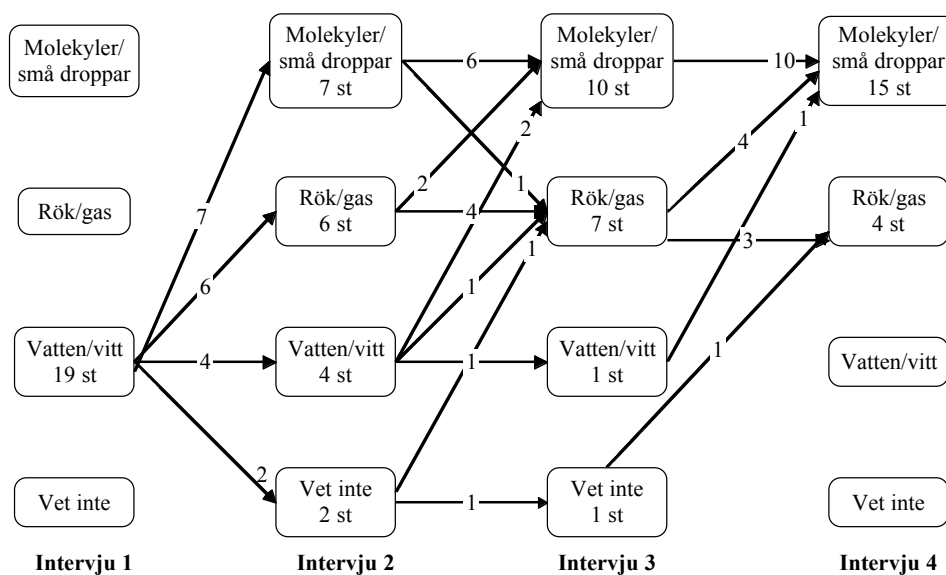
Om jag bortser från skillnaderna i situationer och bara ser till hur deras förklaringar kategoriserats kan skillnaden mellan elevernas svar vid intervjuerna sammanfattas på följande sätt:

- totalt sett har kvaliteten i svaren ökat vid den senare intervjun i alla jämförelser mellan intervjuer
- endast enstaka elevers svar hamnar i lägre kategori vid de två senare intervjuerna
- antalet elever som bedömts ha högsta kategorin har ökat från sex vid första, till sju vid andra, tjugofyra vid tredje och tjugonio vid fjärde intervjun
- endast två elever tilldelas *vet inte* vid fjärde intervjun.

Figurena 11 – 14 används för att visa hur elevers svar kategoriseras under de fyra intervjuerna. I figur 11 beskrivs hur de sex elever som svarar *vet inte* vid första intervjun kategoriseras vid de kommande intervjuerna.

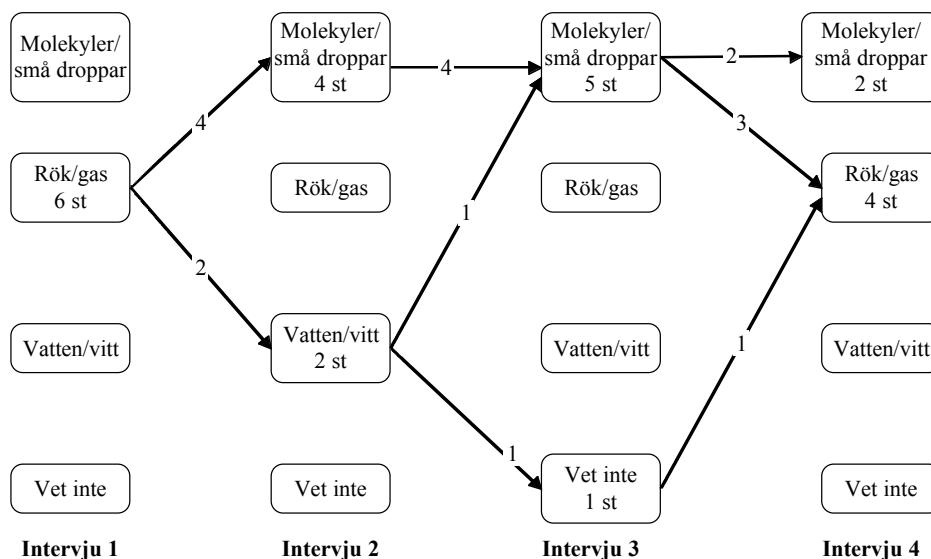


Figur 11 Kategorisering av svaren från elever med kategorin *vet inte* vid första intervjun.



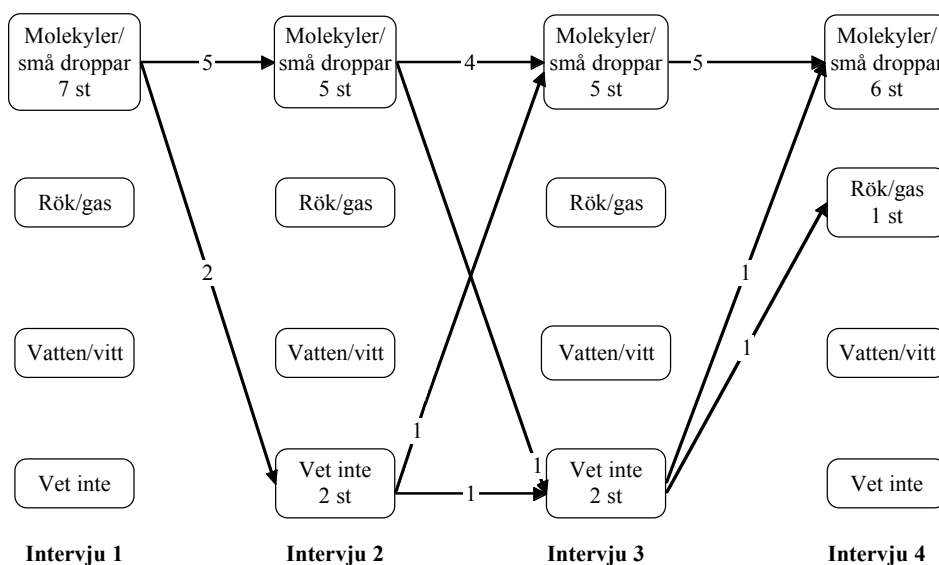
Figur 12 Kategorisering av svaren från elever med kategorin *vatten/vitt* vid första intervjun.

Förklaringarna från 19 elever kategoriseras som *vatten/vitt* vid första intervjun. Alla dessa kategoriseras som *rök/gas* (4 elever) eller *molekyler/små droppar* (15 elever) i den fjärde intervjun. Antalet elever vars svar är *molekyler/små droppar* ökar från intervju till intervju. Detta kan tolkas som att eleverna lärt sig att gaser är uppbyggda av små osynliga partiklar, eller att de förstår situationen bättre och bättre för varje gång vi diskuterar den. Några elever kommer upp till de högre nivåerna i sina förklaringar redan vid andra intervjun, medan andra behöver möta nyckelidéerna från lektionerna flera gånger. När eleverna kommer upp till den högre nivån, stannar de ofta kvar där. Endast enstaka elever återvänder till tidigare sämre förklaringar..



Figur 13 Kategorisering av svaren från elever med kategorin *rök/gas* vid första intervjun.

Av de sex elever vars svar kategoriseras som *rök/gas* har 4 elever högsta kategorin vid andra och ytterligare en vid tredje intervjun. Samtliga elever utom en har högsta kategorin vid två av intervjuerna. Orsaken till att fyra elever hamnar i kategorin *rök/gas* vid sista intervjun kan vara, att vi då studerat en annan gas än vattenånga.



Figur 14 Kategorisering av svaren från elever med kategorin *molekyler/små droppar* vid första intervjun.

Av de sju elever vars svar kategoriseras som *molekyler/små droppar* vid första intervjun har fem denna kategorisering vid alla intervjuerna. Alla utom en har det vid fjärde intervjun. Tre av eleverna har kategorin *vet inte* vid minst ett intervjutillfälle.

Uppmaningen att beskriva vad man ser med hjälp av magiska glasögon tycks stimulera elevernas tänkande oberoende av vad man har för utgångsläge vid första intervjun. I den fjärde intervjun är i stort sett alla elever i någon av de båda högsta kategorierna. Sex elevers svar kategoriseras som *rök/gas* vid första intervjun. Några av dem har ett partikeltänkande i andra och tredje intervjun men har *rök/gas* som sin högsta i den fjärde. Kategorin *rök/gas* innebär att man talar om en gas, men det framgår inte att denna gas består av partiklar. Jag tycker som nämnts, att de som tilldelas denna kategori har beskrivningar av klart högre kvalitet än de som talar om att man ser vatten eller att det är vitt som innebär att man talar om vatten i vätskeform. Flera elever är i de båda högsta kategorierna vid de senare intervjuerna men deras förklaringar tilldelas ibland partikeltänkande och ibland gastänkande. Både gaser och gasers egenskaper och den enkla partikelmodellen är centrala i de lektioner vi haft. Jag väljer däremot inte att speciellt betona gasers partikelnatur. Detta kan vara skälet till att några elever vandrar mellan de båda högsta kategorierna i de senare intervjuerna.

#### 9.4 Kategorisering av enskilda elevers partikelbegrepp

Under lektionerna mellan intervjuerna behandlas partikelbegreppet och olika nyckelidéer lyfts fram och belyses. Vi kallar alla partiklar för molekyler, och eleverna utmanas att diskutera situationer, där de kan använda sin enkla partikelmodell. Jag studerar hur eleverna använder detta begrepp spontant, när vi vid intervjuerna diskuterar andra situationer än dem vi haft vid lektionerna. Om eleverna inte nämner ordet molekyl under intervjun, frågar jag om de vet vad de små byggstenarna i olika ämnen och föremål kallas. Ofta säger eleverna något om detta i anslutning till att jag ber dem förklara vad de ser med magiska glasögon. I övrigt ställer jag inga frågor om molekyler i anslutning till de situationer som diskuteras.

Nedan finns utdrag ur intervjuerna med Disa och Olga för att belysa hur eleverna spontant använder begreppet molekyl för att beskriva situationer under intervjuerna. Dessa uttalanden har kommit som svar på direkta frågor om situationen.

Disa – Intervju 1

*Det är små molekyler eller vad det är. Ja det är små jättesmå vattendroppar som kommer från marken. Så kommer de upp och så bildar de moln. Fast de har inte kommit ut så därför fastnar de där (på glaset).*

Disa – Intervju 2

*Det har väl torkat in. Det har väl torkat in i materialet eller så har det blivit molekyler som är i luften.*

Disa – Intervju 3

*Det kanske skulle ha svävat några små, små grejer i luften. Molekyler eller vad det var.*

Disa – Intervju 4

*Det är kanske så att det är molekyler i luften. Det är det nog så att de åker ihop i en enda klunga och så blir det stora droppar. Så börjar det regna ner. De kan inte sväva mer. Det är liksom problemet där att det borde ha regnat hela tiden ju.*

## Olga – Intervju 3

*Det blir en eld på papperet och så försvinner det. Molekylerna inuti det delar sig.*

*Det viker sig ju så som en cigarett och försvinner och så försvinner molekylerna. De kommer upp sig i luften och sätter sig bland de andra molekylerna. De blandar sig.*

*Ibland så får man slänga stearinet men sen så kommer det molekyler från röken och gasen som är närmast där. Jag vet inte vart det tar vägen sen.*

*Det kanske är många molekyler i så att de flesta försvinner sen så smälter stearinet.*

Det finns många beskrivningar och förklaringar där eleverna talar om molekyler under intervjuerna. Jag vill studera hur elevernas användning av ordet utvecklas under projektet. Det kategorisystem som jag använder bygger dels på idéer från andra studier och dels på en analys av mina elevers svar. Mina nyckelidéer innehåller olika komponenter som jag tror kan vara bra byggstenar för eleverna, när de bygger upp sina molekylbegrepp. I denna del av analysen vill jag studera hur de använder sina begrepp, när de talar om kända fenomen. Några elever känner inte igen ordet molekyl, medan andra känner igen det men har inte kunskap eller ser ingen anledning att använda det. Svaren från de elever som talar om molekyler, när de beskriver och förklarar fenomen, tilldelas kategorier efter kvaliteten i hur de gör detta. Jag samlar de bästa utsagorna i kategorin *förklarar* som innebär, att eleven använder ett partikeltänkande i sina förklaringar. Jag förväntar mig att flera elever kan nå denna nivå. En uppdelning av denna nivå i flera ger inte någon ytterligare information med min utgångspunkt för analysen. När det enkla molekylbegreppet introduceras talar vi om att allting består av molekyler. Några elever talar om molekyler i vatten eller luft. Eleverna kan kanske med detta mena att molekylerna är som russin i en kaka, som Renström (1988, s 143) beskriver i en av sina kategorier. Denna tolkning leder fram till att eleverna tror att vatten innehåller både vatten och vattenmolekyler. De kan också ha en bild av att en del molekyler lämnar de andra vattenmolekylerna. Under intervjuerna väljer jag att inte ställa följdfrågor om detta vilket jag kanske borde ha gjort. Jag vill emellertid att eleverna skulle utgå från en enkel modell och att de sedan skulle utveckla denna och utmanas att använda den. I de fall där denna typ av utsagor innehåller sådant som kan kategoriseras som *förbjuden* tilldelas utsagan denna kategori. I tabell 22 beskrivs de kategorier som används. Den första kategorin innebär lägst kvalitet och den sista högst. Kategorin *förbjuden* placeras högre än *beskriver* eftersom de svar som tilldelas denna kategori talar om molekyler som namn på partiklar.

Tabell 22 Kategorisering av elevernas användning av sitt molekylbegrepp.

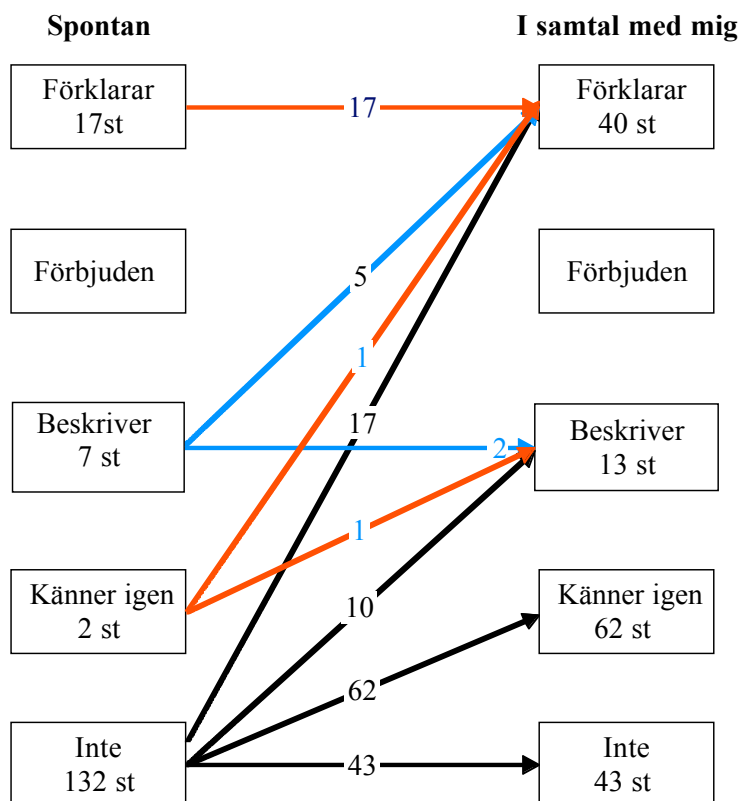
Kategori	Beskrivning	Exempel
Inte	Eleverna nämner inte och känner inte igen ordet molekyl.	<i>Jag: Vi skulle kanske sett de allra minsta delarna i vatten här – molekyler har du hört talas om det?</i> <i>Arne I3: Nä (burken).</i>
Känner igen	Eleverna känner igen eller kan erinra sig ordet molekyl.	<i>Jag: Vad kallar man de där små dropparna som rör sig uppåt.</i> <i>Maja I3: Molekyler (burken).</i> – <i>Jag: Molekyler – känner du igen det?</i> <i>Carl I3: Ja (burken).</i>

Kategori	Beskrivning	Exempel
Beskriver	Eleverna använder ordet molekyl när de beskriver fenomen. De använder det däremot inte för att förklara dem. Ofta är det oklart om de använder ordet som namn på partiklar.	<i>Jag: Var har ångan kommit från? Ove I2: Det är precis som molekylerna kan man säga (diskbänken). --- Tea I3 Det är kanske så att molekylerna kanske bildas när det slocknar.</i>
Förbjuden	Eleverna talar om molekyler som partiklar. De använder beskrivningar som att molekylerna brinner, ruttar, krymper, inte trivs ihop. I denna kategori ingår inte de som säger att vattenmolekyler är som små vattendroppar.	<i>Leif I3: Att elden liksom den tar fyr och den kanske förstör molekyler i papperet. Den dödar dem så att det blir varmt och sen så kanske de försvinner. Ebba I3: De förbrukas till rök och så försvinner de. Därför måste papperet krympa för att det är så mycket luft mellan alla andra molekyler.</i>
Förklarar	Eleverna talar om molekyler som partiklar för att förklara fenomenen.	<i>Ebba I2: De försvinner ut i luften precis som det är ju små bubblor som lägger sig samman med vattenmolekylerna antagligen. Så blir det vattenmolekyler i luften (brustabletten). Glen I3: Det är det som kommer i luften. Det var ju sådana där vattenmolekyler som sen blir det ju det igen som imma (stearinljuset).</i>

Under en intervju kommer eleverna att ha olika uttalanden som kategoriserats på olika nivåer. Jag kategoriserar elevens kunskaper om molekylbegreppet med den högsta nivån hon/han kategoriseras i under intervjun. Redovisningen av resultaten inleds med en jämförelse mellan kategoriseringarna av elevernas spontana användning av ordet molekyl och användningen i samtal med mig.

## 9.5 Elevernas användning av sitt molekylbegrepp spontant och i samtal med mig

Jag har studerat elevernas användning av begreppet molekyl från de båda perspektiven på kunnande som redovisas i problemformuleringen i kapitel 4. Eleverna använder sitt molekylbegrepp på olika sätt när vi diskuterar några vardagssituationer. Jag gör en analys av deras spontana utsagor, dvs hur de besvarar de frågor jag ställer om fenomenen utan att jag ställer följdfrågor. Om eleven frågar vad jag menar förtydligar jag frågan, och även deras svar på en förtydligad fråga tar jag med under denna analys. På samma sätt analyseras elevernas förklaringar efter den påverkan som samtalet med mig innebär. Jag inleder i figur 15 med en jämförelse mellan hur eleverna enligt min kategorisering använder begreppet spontant och i samtal med mig.



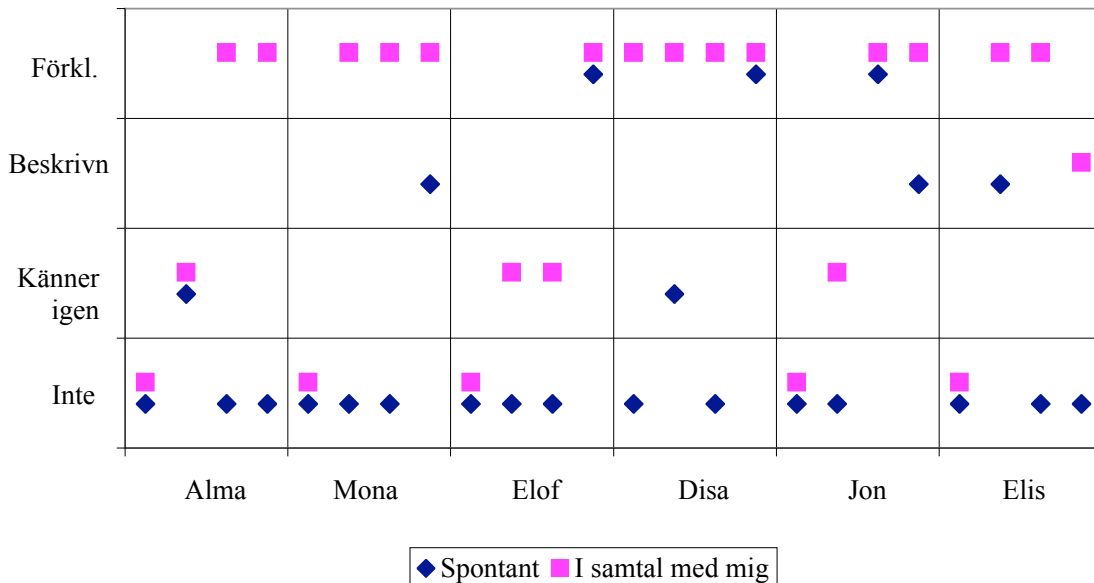
Figur 15 Elevernas användning av ordet molekyl spontant och i samtal med mig vid de 158 intervjuerna.

Som framgår av figur 15 har ingen elev *förbjuden* som sin högsta kategori vid någon intervju. Denna kategori tas därför inte med i den fortsatta redovisningen.

Vid knappt en sjättedel av intervjuerna använder eleverna ordet molekyl spontant när de diskuterar fenomenen, medan de gör det dubbelt så ofta i samtal med mig. Vid den första intervjun är det endast tre av eleverna som talar om molekyler. Om man enbart ser till de 119 intervjuerna vid de tre senaste intervjutillfällena så tilldelas 37 % av intervjuerna *förklarar* och 13 % *beskriver* som sin högsta kategori i samtal med mig. Endast 5 % av eleverna tilldelas kategorin *inte*.

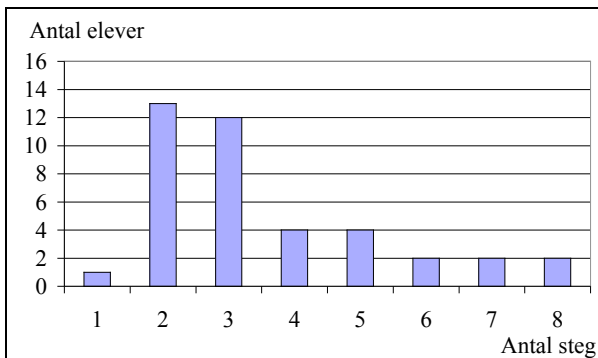
I figur 16 finns exempel på kategoriseringen av sex elevers användning av sitt molekylbegrepp. I varje kolumn redovisas de fyra intervjuerna (I1 – I2 – I3 – I4) för respektive elev. I de vågräta raderna finns en kategori per rad.

Alma representerar de elever som inte använder sitt molekylbegrepp spontant i sina utsagor. Men i det fortsatta samtalet med mig har hon bättre och bättre kvalitet på användningen av detta begrepp då hon talar om vardagliga fenomen. Disa kan använda ett molekylbegrepp, där det framgår att molekylerna är partiklar, till att förklara fenomen vid samtliga intervjuer. Vid fjärde intervjun gör hon det dessutom spontant. Elof ökar kvaliteten både på den spontana användningen och i samtalen med mig. Mona, Jon och Elis använder ordet molekyl för att förklara fenomen vid minst två av de tre senare intervjuerna men ligger ofta på lägre nivåer i sin spontana användning.

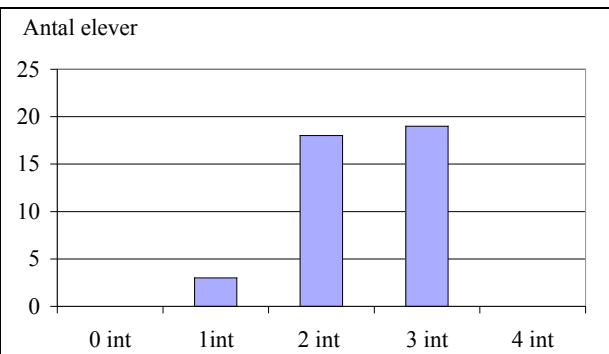


Figur 16 Exempel på kategoriseringen av enskilda elevernas bästa användning av sitt molekylbegrepp vid intervjuerna. De fyra paren av markeringar för varje elev motsvarar från vänster I1-I4. De vågräta raderna motsvarar kategorierna.

I figur 17 redovisas hur många stegs skillnad det är totalt vid de fyra intervjuerna mellan kategorierna för elevernas utsagor i samtal med mig och för deras spontana utsagor. Inga elever har samma förklaringsnivå vid samtliga intervjuer, och fjorton av dem har ett eller två steg högre vid samtalet med mig än i sina spontana förklaringar av fenomenen. Figur 18 visar att 37 av 40 elever har högre nivå vid minst två av intervjuerna.



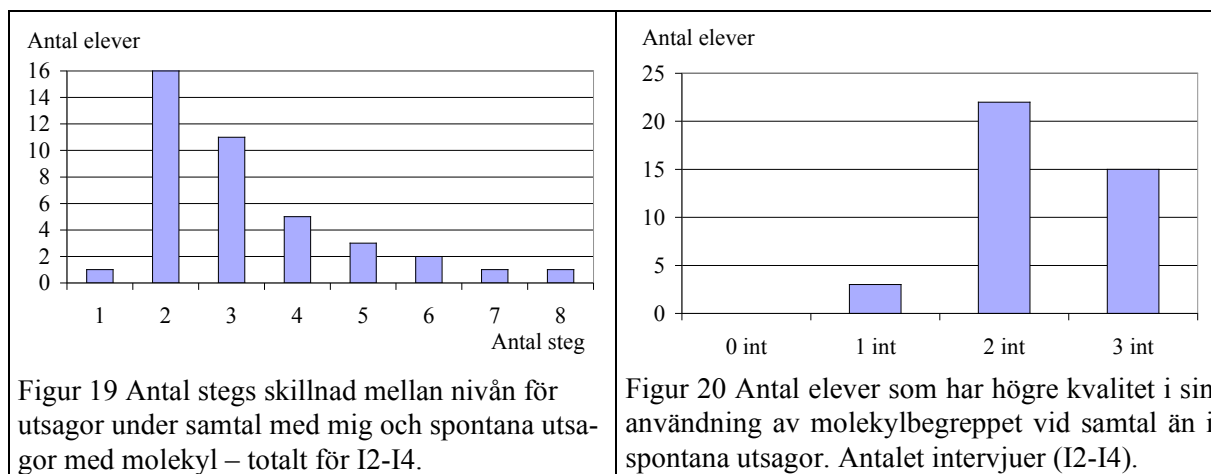
Figur 17 Antal stegs skillnad mellan nivån för utsagor under samtal med mig och för spontana utsagor med molekyl – totalt för I1-I4.



Figur 18 Antal elever som har högre kvalitet i sin användning av molekylbegreppet vid samtal än i spontana utsagor. Antalet intervjuer (I1-I4).

En del elever blir mycket stimulerade av våra diskussioner och kommer under samtalets gång med förklaringar av högre kvalitet enligt kategoriseringen. Andra elever har samma kategori i våra samtal som de har spontant. Detta innebär inte att eleverna inte visar högre kvalitet i sina utsagor i samtalen med mig. De har kanske sin högsta nivå fler gånger under intervjun. De har också ofta en högre kvalitet på sina svar inom respektive kategori.



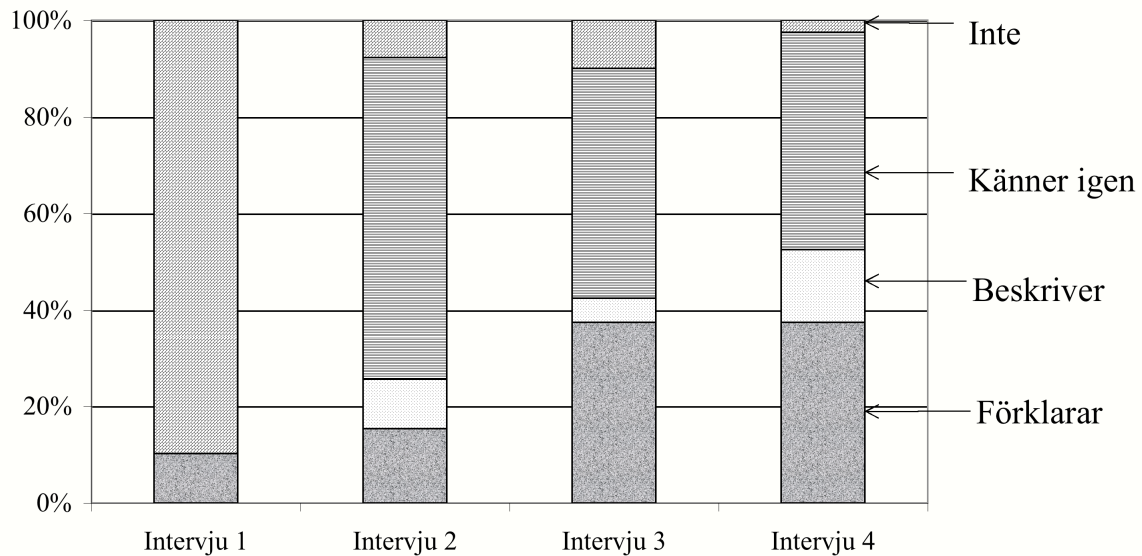


Det är endast fyra elever som har skillnad mellan kategorierna för utsagor spontant och i samtal med mig på första intervjun. I figur 19 och 20 har därför den första intervjun som ligger före introduktionen av molekylbegreppet inte tagits med. De flesta eleverna har skillnader vid minst två av de tre intervjuerna mellan de tilldelade nivåerna för spontan användning och i samtal med mig. Många elever tilldelas högsta nivån både för spontan användning och i samtal med mig vid den fjärde intervjun. Det är stor skillnad mellan det som eleverna visar spontant och i samtal med mig i de intervjuer som kommer efter de två första undervisningssekvenserna. De övningar vi har vid lektionerna påverkar inte elevernas spontana utsagor i så hög grad. De använder vardagliga förklaringar när de talar om vardagfenomen. Eleverna kan emellertid använda sitt molekylbegrepp i allt högre grad när vi talar vidare om fenomenen.

## 9.6 Elevernas utsagor med begreppet molekyl i samtal med mig

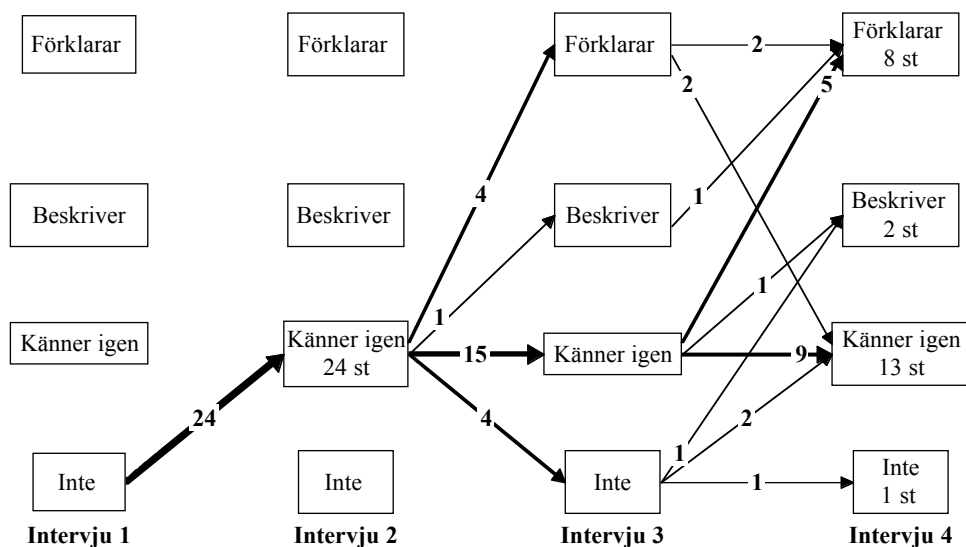
I föregående avsnitt redovisades skillnader mellan kategoriseringen av elevernas spontana användning av sitt molekylbegrepp och hur de använder det i samtal med mig. Här följer en mer detaljerad beskrivning av hur de använder sitt molekylbegrepp i samtal med mig. Kategorin *förbjuden* finns inte hos någon elev som högsta nivå under en intervju, och denna kategori tas därför inte med i denna analys.

I figur 21 redovisas en sammanställning över kategoriseringen från detta perspektiv. I denna sammanställning ingår de förklaringar av fenomen som eleverna ger efter påverkan från mig i form av att jag ställer följdfrågor, som bygger på elevernas tidigare svar. Jag tar däremot inte med de förklaringar som bygger på den starka påverkan det innebär, att jag vid fjärde intervjun ber dem beskriva vad de vet om molekyler. Denna fråga redovisas separat i slutet av detta kapitel. I figuren redovisas procentuella andelen elever i de olika kategorierna vid de fyra intervjuerna. Vid första intervjun är det fyra elever som talar om molekyler, när de ska förklara de olika situationerna. Vid tredje och fjärde intervjuerna är det cirka 15 elever som gör det efter påverkan från mig. För de flesta eleverna är det ofta inte den förklaringsmodell de tar till som första förklaring. Vid tredje och fjärde intervjuerna är det knappt hälften som känner igen ordet, men som inte använder det för att beskriva eller förklara något i de situationer som diskuteras.



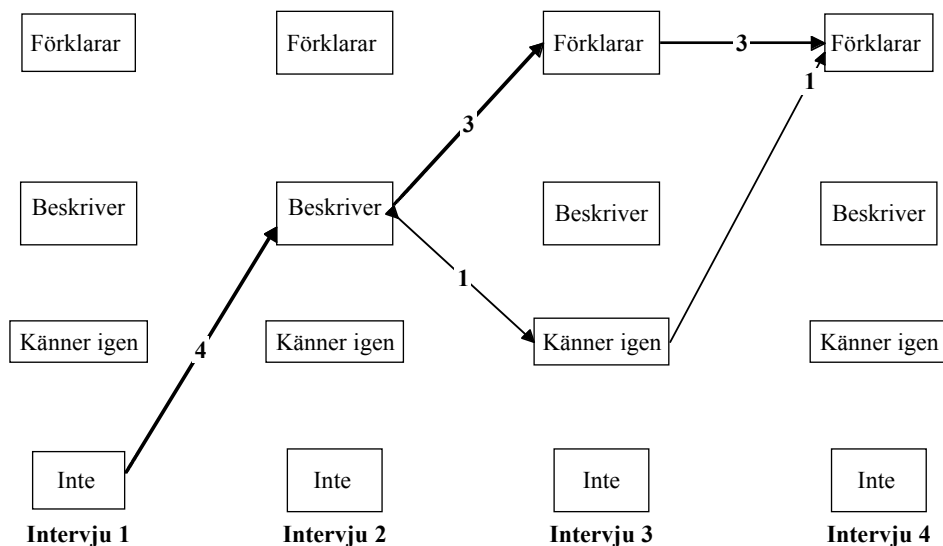
Figur 21 Kategorisering av elevernas användning av sitt molekylbegrepp när de talar om vardagliga fenomen i samtal med mig. Fördelningen mellan de olika kategorierna i respektive intervju.

De partikelmodeller som eleverna använder är inte heller så stabila, att de håller fast vid dem i de efterföljande intervjuerna. Det händer ofta att elever använder förklaringar från sitt vardagsspråk vid nästa intervju i stället för att ta till partikelmodellen som man använt vid den föregående intervjun. Under det efterföljande samtalet kommer de däremot ofta tillbaka till sin molekylmodell. De använder den tillsammans med andra förklaringar och när de uppmanas att tänka vidare om situationen vi talar om, så talar de om molekyler. Endast fyra elever använder ordet molekyl som förklaringsmodell på partikelnivå i den inledande intervjun och en av dessa har samma kategori vid samtliga intervjuer. Jag tar den andra intervjun som utgångspunkt för analysen av de övriga elevernas utveckling. Tre elever känner inte igen ordet molekyl vid andra intervjun. En av dessa tre använder ordet i sina utsagor vid både tredje och fjärde intervjun. De övriga två känner bara igen ordet vid dessa intervjuer.



Figur 22 Kategorisering av elevernas användning av ordet molekyl när de talar om vardagliga fenomen vid de fyra intervjuerna. De elever som tilldelas *känna igen* vid andra intervjun.

Det är tjugofyra elever som känner igen ordet molekyl, men inte använder det när de talar om fenomenen under andra intervjun. I figur 22 redovisas kategoriseringen av dessa elever vid tredje och fjärde intervjun. Fem av dessa elever tilldelas en högre kategori vid tredje intervjun och nio vid fjärde intervjun. Endast två elever har lägre kategoritillhörighet vid fjärde intervjun än vid tredje. Åtta elever använder ett molekylbegrepp i sina förklaringar vid den fjärde intervjun. Två av dessa gör det också vid den tredje intervjun.



Figur 23 Kategorisering av elevernas användning av ordet molekyl när de talar om vardagliga fenomen vid de fyra intervjuerna. De elever som tilldelas *beskriver* vid andra intervjun.

I figur 23 redovisas de som har kategorin *beskriver* vid andra intervjun. Alla dessa elever har förklaringar med hjälp av partiklar vid minst en av de båda avslutande intervjuerna.

Tre av de elever som inte använder ordet molekyl vid första intervjun använder ett partikel-tänkande vid andra intervjun då de använder ordet molekyl vid sina förklaringar. De gör det också vid ytterligare minst en intervju.

En fjärdedel av samtliga elever har högsta kategorin vid minst två intervjuer och 55 % vid minst en av intervjuerna. De elever som redan i andra intervjun använder sitt molekylbegrepp i sina beskrivningar eller förklaringar gör det också vid minst en av de båda avslutande intervjuerna. De som bara känner igen ordet molekyler vid andra intervjun tycks behöva fler utmaningar för att de ska använda sitt molekylbegrepp för att tala om vardagliga fenomen. I resultaten finns det tecken på, att när eleven väl har byggt upp sin molekylmodell, så kommer han/hon också att använda den till att förklara det som sker.

Elevernas förklaringar i samtal med mig är en av de tre aspekter jag använder för att beskriva utvecklingen av deras användning av sitt molekylbegrepp och deras partikeltänkande från ett sammansatt perspektiv på lärande. De båda andra aspekterna presenteras i avsnitt 9.7 och 9.8.

## 9.7 Elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp

I den analys som redovisas ovan fokuserar jag hur eleverna använder sitt molekylbegrepp. I den andra analysen av elevernas molekylmodeller fokuserar jag benägenheten hos eleverna att använda sitt begrepp när vi diskuterar de vardagliga fenomenen vid intervjuerna. Om en elev spontant, utan att jag ställer följdfrågor, talar om molekyler, är benägenheten att använda or-

det molekyl högre, än om han/hon gör det efter att jag ställer följdfrågor som leder honom/henne till att använda begreppet. Även tidpunkten under samtalet vid vilken begreppet används, är ett mått på benägenheten att använda begreppet. Benägenheten blir därför ett andra mått på kvaliteten hos elevernas användning av sitt molekylbegrepp.

Den påverkan som jag ger under intervjun kan var av olika slag. Se tabell 23

Tabell 23 Beskrivningar av olika typer av påverkan på elevernas svar som har gjorts från min sida under intervjuerna.

1	Jag förtydligar frågan.
2	Jag frågar vad eleven menar när den svarar.
3	Jag ber eleven förklara det på ett annat sätt.
4	Jag frågar eleven vad de små byggstenarna kallas (och eleven säger molekyler).
5	Jag ber eleven berätta vad den vet om molekyler.
6	Jag ber eleven använda ordet molekyl för att förklara fenomenet

I tabell 24 redovisas kategorierna som används vid analys av elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp och den påverkan från mig som respektive kategori innebär. I varje intervju diskuteras tre eller fyra olika situationer och eleven tilldelas den högsta kategorin som han/hon har vid den intervjun. Kategorierna som används är valda så att det högsta värdet *B3* betyder att eleven använder sitt molekylbegrepp spontant i inledningen av diskussionen av en situation, *B2* att den gör det spontant senare under diskussionen. *B1* betyder att eleven använder sitt molekylbegrepp först efter att jag ställt följdfrågor som lett fram till en ny kommentar. Utsagor som tilldelas *spontant sent*, *B2*, kommer efter en stunds samtal men har inte något samband med de följdfrågor jag ställer. *B0* betyder, att eleven inte talar om molekyler trots de följdfrågor jag ställer. Utsagor som görs efter den påverkan som det innebär att eleverna ombeds att använda ordet molekyl för att förklara ingår inte i denna analys.

Tabell 24 Kategorisering av elevernas utsagor samt beskrivning av vilken påverkan enligt tabell 21 som ingår i respektive kategorier.

	Kategori	Påverkan som ingår i kategorin
B0	inget om molekyler i utsagorna.	1, 2, 3, 4
B1	utsagor efter påverkan	1, 2, 3, 4
B2	spontana utsagor senare i intervjuerna	1, 2
B3	spontana utsagor tidigt under intervjun	1

Nästan alla elever talar något om små vattendroppar, små bitar eller annat som kan tolkas som ett partikeltänkande på makro eller mikronivå. Jag frågar dem då, om de vet vad de små delarna heter. De som då svarar "Molekyler" kategoriseras som *B1*. Om de inte kommer ihåg det får de följdfrågan "Vi kallade dem för molekyler, känner du igen det?". De som då svarar att de känner igen det, tilldelas kategorin *B0*.

I tabell 25 har jag sammanställt antalet elever som tilldelas respektive kategori vid intervjuerna. Vid de fyra intervjuerna är det 4, 10, 11 respektive 15 elever som spontant talar om molekyler när de beskriver de fenomen vi talar om. Om jag tar med dem som gör det efter påverkan så är motsvarande antal 4, 21, 29 respektive 33 elever. Av de elever som vid tredje respektive fjärde intervjun inte använder ordet molekyler, känner nästan alla igen det.

Tabell 25 Elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp. Benägenheten definieras som den högsta nivån, enligt tabell 24, som eleven har vid de tre situationerna vid intervjun. Fördelning på kategorier vid intervjuerna.

	<b>kategori</b>	<b>I1</b>	<b>I2</b>	<b>I3</b>	<b>I4</b>
B0	inget om molekyler i utsagorna	35	18	11	7
B1	utsagor efter påverkan	0	11	16	17
B2	spontana utsagor senare i intervjuerna	3	5	9	6
B3	spontana utsagor tidigt under intervjun	1	5	4	10

I tabell 26-31 redovisas utvecklingen av elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp. De elever som ligger ovanför de skuggade rutorna har högre kategorier i den senare intervjun och de som ligger under har lägre kategori. I de skuggade rutorna finns antalet elever med samma kategorier i de båda intervjuerna som jämförs. Min kategorisering av elevernas benägenhet redovisas som parvisa jämförelser mellan intervjuerna. I tabell 26 framgår att 34 elever tillhör kategorin *ingenting* vid första intervjun. Av dessa kategoriseras sexton fortfarande som *ingenting* vid andra intervjun. Elva elever tilldelas kategorin *användning efter påverkan*, fem *spontant sent* i någon situation vid intervjun och två *spontant tidigt* i någon situation. Tre elevers svar i första intervjun kategoriseras som *spontant sent* i någon situation. I andra intervjun talar en av dem inte om molekyler medan de andra gör det och tilldelas kategorin *spontant tidigt* i minst en situation. Den elev som spontant talar om molekyler tidigt i första intervjun gör det tidigt även i andra.

Tabell 26 Jämförelse mellan elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp vid första och andra intervjun.

		<b>Intervju 2</b>				
		Ingenting	Efter påverkan	Spontant sent	Spontant tidigt	
<b>Intervju 1</b>	Ingenting	16	11	5	2	<b>34</b>
	Efter påverkan					
	Spontant sent	1			2	<b>3</b>
	Spontant tidigt				1	<b>1</b>
		<b>17</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>38</b>

Jämförelsen i tabell 26 visar att hälften av eleverna har högre kvalitet i sina svar vid den andra intervjun.

Tabell 27 Jämförelse mellan elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp vid första och tredje intervjun.

		<b>Intervju 3</b>				
		Ingenting	Efter påverkan	Spontant sent	Spontant tidigt	
<b>Intervju 1</b>	Ingenting	10	15	6	4	<b>35</b>
	Efter påverkan					
	Spontant sent	1	1	1		<b>3</b>
	Spontant tidigt			1		<b>1</b>
		<b>11</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>39</b>

Vid den tredje intervjun har tjugofem av trettionio elever högre kvalitet i sina svar än vid den första. Det är endast enstaka elever som minskat sin benägenhet att använda sitt molekylbegrepp. Antalet elever, som inte säger någonting spontant om molekyler i sina utsagor, minskar

från första intervjun till den fjärde, och de som spontant talar om molekyler blir allt fler. Av de elever som använder ordet molekyl i utsagorna vid första intervjun har några lägre kategorier vid tredje och fjärde intervjun.

Tabell 28 Jämförelse mellan elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp vid första och fjärde intervjun.

		<b>Intervju 4</b>				
		Ingenting	Efter påverkan	Spontant sent	Spontant tidigt	
<b>Intervju 1</b>	Ingenting	7	15	6	7	<b>35</b>
	Efter påverkan					
	Spontant sent		1		2	<b>3</b>
	Spontant tidigt		1			<b>1</b>
		<b>7</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>39</b>

Den andra intervjun ligger efter den första undervisningssekvensen då jag för första gången talar om molekylbegreppet. En jämförelse mellan den andra och den tredje respektive den fjärde intervjun kan ge information om hur detta begrepp utvecklas hos eleverna. I tabell 29-30 framgår, att mer än hälften av eleverna har en annan kategori vid andra intervjun än vid tredje och fjärde intervjuerna. I båda fallen har vi en ökning av antalet elever med högre kategorier, men den största ökningen ligger mellan första och andra intervjun. Nästan inga elever har hört talas om ordet molekyl vid första intervjun. Den enkla modell vi använder i våra diskussioner vid de första lektionerna har visat sig användbar. Mer än hälften av eleverna talar om molekyler eller använder begreppet när vi talar om vardagliga fenomen. Från denna första nivå ökar benägenheten att använda sitt molekylbegrepp, men förändringarna är inte så stora som mellan första och andra intervjun.

Tabell 29 Jämförelse mellan elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp vid andra och tredje intervjun.

		<b>Intervju 3</b>				
		Ingenting	Efter påverkan	Spontant sent	Spontant tidigt	
<b>Intervju 2</b>	Ingenting	8	7	2	1	<b>18</b>
	Efter påverkan	3	5	2	1	<b>11</b>
	Spontant sent		1	2	2	<b>5</b>
	Spontant tidigt		2	3		<b>5</b>
		<b>11</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>39</b>

Tabell 30 Jämförelse mellan elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp vid andra och fjärde intervjun.

		<b>Intervju 4</b>				
		Ingenting	Efter påverkan	Spontant sent	Spontant tidigt	
<b>Intervju 2</b>	Ingenting	4	8	1	5	<b>18</b>
	Efter påverkan	3	3	4	1	<b>11</b>
	Spontant sent		3		2	<b>5</b>
	Spontant tidigt		2	1	2	<b>5</b>
		<b>7</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>39</b>

Tabell 31 Jämförelse mellan elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp vid tredje och fjärde intervjun.

		Intervju 4				
		Ingenting	Efter påverkan	Spontant sent	Spontant tidigt	
Intervju 3	Ingenting	5	4		2	11
	Efter påverkan	2	8	2	6	18
	Spontant sent		4	2	1	7
	Spontant tidigt		2	1	1	4
		7	18	5	10	40

Jämförelsen mellan intervju 3 och 4 visar att drygt hälften av eleverna har en annan kategori vid fjärde intervjun än vid den tredje. Vi har också en liten ökning av elevernas spontana användning av sitt molekylbegrepp i den senare intervjun. Knappt hälften av eleverna använder vid fjärde intervjun sitt begrepp efter min påverkan. Tjugoen elever har spontant talat om molekyler vid minst en av dessa intervjuer.

Vid samtliga jämförelser mellan intervjuerna är det många fler elever som går till högre kategori än till lägre. Cirka en fjärdedel av eleverna går emellertid till lägre kategori vid alla jämförelser mellan de tre intervjuerna som ligger efter den första. Mellan första och tredje respektive mellan första och fjärde intervjun är det de största ändringarna till högre nivåer. Där har vi också det lägsta antalet elever som går till lägre kategori.

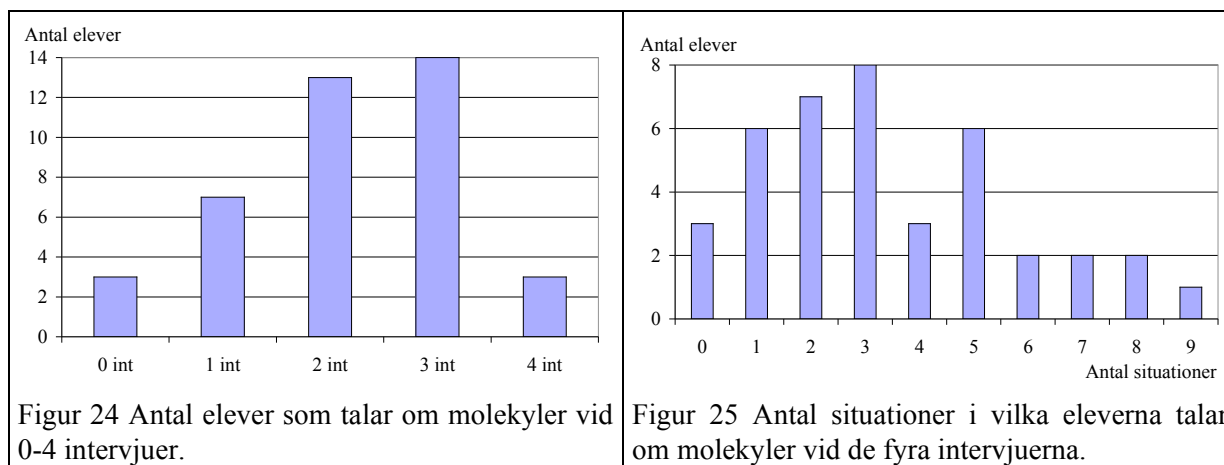
#### Sammanfattning

Elevernas benägenhet att använda sitt molekylbegrepp ökar under projektet. Detta kan bero på att de blir alltmer säkra på sina molekylbegrepp. Det kan också bero på att de under våra samtal kommer in i ett tankesätt, där man ska använda ordet molekyl när jag pratar vardagliga situationer med dem. Det är fler och fler, som redan innan jag ställt så många följdfrågor, är benägna att använda sitt molekylbegrepp. Detta kan tolkas, som att de blir allt säkrare på att använda molekylbegreppet. Det kan också bero på, att eleverna upptäcker diskursen där man använder naturvetenskapliga förklaringar. Då försöker de också använda sin molekylmodell och andra kunskaper i naturvetenskap i sina förklaringar.

## 9.8 Antalet situationer där ordet molekyl används av enskilda elever

I den tredje aspekten på elevernas användning av sitt enkla molekylbegrepp studerar jag hur många situationer begreppet används i. För vissa elever är det användbart i en speciell situation men inte i andra. Där passar gamla förklaringsmodeller bättre. Om en elev använder sitt partikelbegrepp i flera olika situationer, kan detta bero på att begreppet är mer levande. Denna analys avser elevernas utsagor i samtal med mig.

I varje intervju studeras tre eller fyra olika situationer. I figur 24 finns redovisat i hur många av intervjuerna eleverna använder ordet molekyl och i figur 25 i hur många situationer totalt de talar om molekyler. I sista delen av fjärde intervjun ber jag eleverna att berätta vad de vet om molekyler, men denna fjärde situation i den intervjun tas inte med i analysen utan redovisas separat. Jag tar inte heller här med de uttalanden som kommer efter den kraftiga påverkan som det innebär att jag frågar om eleverna känner igen ordet molekyl.



Ur figur 24 framgår att nästan hälften av eleverna (sjuutton elever) talar om molekyler vid minst tre av intervjuerna och då nästan alltid vid de tre senare. En fjärdedel av dem gör det vid högst en intervju. Figur 25 visar att huvuddelen av eleverna talar om molekyler i 2-5 situationer under intervjuerna. Sju elever talar om molekyler i minst sex situationer under de fyra intervjuerna. 40 % av dem gör det i minst två situationer vid minst en av intervjuerna och 25 % i minst två situationer vid minst två intervjuer. 60 % talar om molekyler vid högst en situation vid varje intervju.

Tabell 32 visar hur många elever som använder sitt molekylbegrepp vid respektive intervju. I tabellen framgår också i hur många situationer sammanlagt dessa elever gör det.

Tabell 32 Antal elever som talar om molekyler vid respektive intervju.

Intervju	Antal elever	Antal situationer	Antal situationer/elev
I1	4	10	2,5
I2	21	30	1,4
I3	29	45	1,6
I4	33	52	1,6

Antalet elever och antalet situationer ökar hela tiden. Det är fler och fler elever som väljer förklaringar med molekyler för varje intervju. Antalet situationer per elev är högst vid första intervjun. Detta kan bero på, att de som känner till molekylbegreppet vid första intervjun gärna vill använda det. De elever som sedan tillkommer i de andra intervjuerna har kanske just byggt upp sitt molekylbegrepp och använder det bara när de är säkra på att det är användbart.

## 9.9 Antalet situationer där egna namn på smådelarna används

Eleverna använder också egna ord på smådelarna. Dessa finns redan vid första intervjun hos 13 elever, innan jag har presenterat en enkel partikelmodell. När de t ex beskriver vad de ser med de magiska glasögonen in i luften med vattenånga, ser många en dimma eller att det regnar. Många talar också om små vattendroppar eller små moln. Detta är inte samma sak som att eleverna har ett partikelbegrepp på molekylnivå, men man kan ändå se det som en utgångspunkt för utvecklingen av ett partikelbegrepp. Vid andra intervjun har 16, vid tredje 20 och vid den avslutande intervjun 23 elever egna namn på materiens smådelar. Redan vid första intervjun är det alltså ca en tredjedel av eleverna som talar om små partiklar, innan vi har talat om molekyler. Dessutom är det fyra elever som talar om molekyler eller atomer. Sex elever



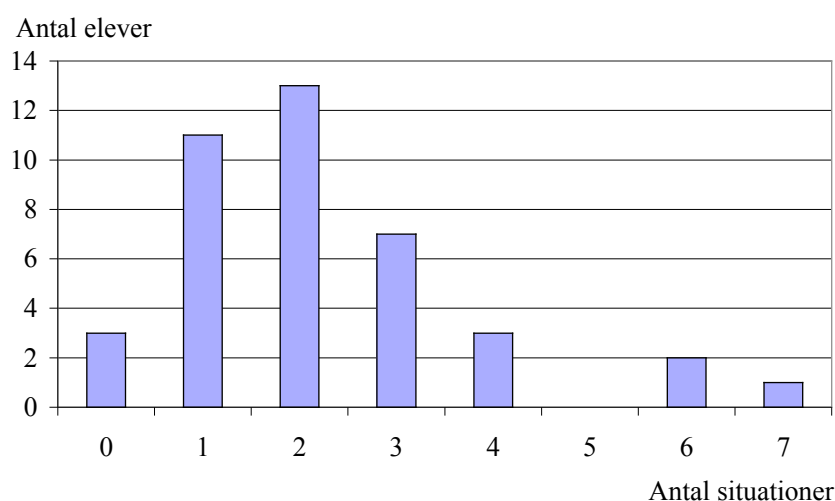
använder mer än ett ord på partiklarna vid de två senare intervjuerna. I tabell 33 finns exempel på några av de namn eleverna ger partiklarna.

Tabell 33 Elevernas egna ord på smådelar i materia vid intervjuerna.

jättesmå grejer	jättesmå korn	jättesmå vattendroppar	minismå bubblor
pyttesmå partiklar	små vattendroppar	små bitar	små bollar
små bubblor	små dammprickar	små droppar	små gasbubblor
små grejer	små klumpar	små som en gas	små miniregndroppar
små minisaker	små moln	små partiklar	små ploppar
små prickar	små runda	små saker	små smulor

Det är inte självklart vilka av dessa namn som antyder partiklar på molekyl- eller atomnivå. Några elever förstärker ”små” med att säga ”små, små”, jättesmå, pyttesmå eller att säga partiklar eller minisaker. Andra talar om korn, vattendroppar och smulor vilket kan tolkas som makroskopiska partiklar. Små moln och små som gas kan kanske tolkas som kontinuerlig materia.

I figur 26 illustreras i hur många olika situationer totalt som eleverna använder egna partikelord vid de fyra intervjuerna.



Figur 26 Antalet situationer där eleverna använder egna ord då de talar om partiklar totalt under intervjuerna.

Antalet situationer vid intervjuerna i vilka eleverna talar om partiklar med egna namn ökar inte så mycket efter andra intervjun. Detta kan bero på att några använder begreppet molekyl i stället. Tjugofyra elever av fyrtio använder egna ord vid minst två intervjuer och tre elever vid samtliga intervjuer. Tre av eleverna använder inga egna ord vid någon.

## 9.10 Sammanfattande kategorisering av elevernas kunskande

Jag sammanställer nu analyserna ovan för att få en sammanfattande kategorisering, där jag tar hänsyn till olika aspekter på kunskande. I A- och C-kategorierna avses det som sägs i samtal med mig. I tabell 34 finns en sammanställning över de olika kategoriseringar jag använder i denna analys.

Tabell 34 Tre aspekter på kategorisering av hur eleverna använder begreppet molekyl när de talar om vardagliga situationer. Beskrivning av olika kategorier i A-C-aspekterna.

<b>A: Hur används begreppet?</b>	<b>B: Benägenheten</b>	<b>C: Antalet situationer</b>
A0: säger ingenting om molekyler A1: känner igen ordet molekyl A2: använder ordet molekyl i sina utsagor A3: använder ordet molekyl som namn på partiklar i sina förklaringar	B0: inget om molekyler i utsagorna B1: i utsagor efter påverkan B2: spontant i utsagor senare i intervjuerna B3: spontant i utsagor tidigt under intervjun	C0: ingen situation C1: i en situation C2: i två situationer C3: i minst tre situationer vid intervjun

I bilaga 2 finns en sammanställning av kategoriseringen av de enskilda eleverna vid de fyra intervjuerna.

För att få en sammanfattande beskrivning av utvecklingen av elevens kunskande förs de tre aspekterna med sina kategorier samman till fyra nya kategorier. Denna kategorisering, som redovisas i tabell 35, används sedan för analys av varje intervju med respektive elev.

Tabell 35 Definition av kategorierna i den sammanfattande kategoriseringen.

<b>Kategori</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Nämner ej	A0	B0	C0
Stimulerad	$A \geq A1$	B1	C1
Spontan	$A \geq A2$	$B \geq B2$	C1
Spontan god	A3	$B \geq B2$	$C \geq C2$

Elever som inte använder begreppet molekyler i sina utsagor utan bara känner igen ordet placeras i kategorin *nämner ej*. I kategorin *stimulerad* finns de som först efter påverkan från mig talar om molekyler. De känner igen ordet molekyl och många använder det i sina utsagor. En elev som tilldelas kategorin *spontan* talar också om molekyler spontant men gör det endast i en av situationerna vid intervjun. I denna kategori finns både de som använder sitt molekylbegrepp för att förklara och till att beskriva fenomenen. Kategorin *spontan god* innebär att eleven använder sitt molekylbegrepp för att förklara fenomenen och att det görs spontant i minst två olika situationer under intervjun. Vid första intervjun hamnar nästan alla elever i kategorin *nämner ej*. Det är bara fyra elever som talar om molekyler och vid denna intervju frågar jag inte efter om de känner igen ordet. I bilaga 3 redovisas den sammanfattande kategoriseringen för de enskilda eleverna.

I tabell 36 redovisas en sammanställning över min kategorisering av elevernas utsagor av fenomenen vid intervjuerna enligt den sammanfattande kategorisering som redovisas ovan.

Tabell 36 Antalet elever i respektive kategori vid intervjuerna. Kategorier se tabell 35.

	<b>Intervju 1</b>	<b>Intervju 2</b>	<b>Intervju 3</b>	<b>Intervju 4</b>
Nämner ej	35	18	11	7
Stimulerad		11	17	17
Spontan		4	3	4
Spontan god	4	6	9	12

Totala andelen elever som har *spontan god* eller *spontan* ökar från intervju till intervju och är ca 40 % vid fjärde intervjun. I tabell 37-39 jämförs kategorierna vid första intervjun med de övriga. Kategoriseringen är gjord enligt tabell 35.

Tabell 37 Jämförelse mellan fördelningen på kategorierna vid första och andra intervjun.

		Intervju 2				
Intervju 1		Nämner ej	Stimulerad	Spontan	Spontan god	
	Nämner ej	16	11	4	3	34
	Stimulerad					
	Spontan					
	Spontan god	1			3	4
		17	11	4	6	38

Tabell 38 Jämförelse mellan fördelningen på kategorier vid första och tredje intervjun.

		Intervju 3				
Intervju 1		Nämner ej	Stimulerad	Spontan	Spontan god	
	Nämner ej	10	16	3	6	35
	Stimulerad					
	Spontan					
	Spontan god	1	1		2	4
		11	17	3	8	39

Tabell 39 Jämförelse mellan fördelningen på kategorier vid första och fjärde intervjun.

		Intervju 4				
Intervju 1		Nämner ej	Stimulerad	Spontan	Spontan god	
	Nämner ej	7	15	4	9	35
	Stimulerad					
	Spontan					
	Spontan god		2		2	4
		7	17	4	11	39

Vid alla jämförelser med första intervjun kommer många elever att gå till högre förståelse eftersom första intervjun kommer före introduktionen av vårt molekylbegrepp. Jämförelsen av förändringarna mellan första intervjun och de båda senare intervjuerna påminner om den som redovisas i tabell 37. En skillnad är att eleverna som grupp tar flera steg uppåt till högre kategorier. Antal elever som är kvar i kategorin *nämner ej* minskar kraftigt till intervju 4.

I tabell 40-42 jämförs intervju 2 och 3, intervju 2 och 4 samt intervju 3 och 4. Kategoriseringen är gjord enligt tabell 35.

Tabell 40 Jämförelse mellan fördelningen på kategorier vid andra och tredje intervjun.

		Intervju 3				
Intervju 2		Nämner ej	Stimulerad	Spontan	Spontan god	
	Nämner ej	8	7	1	2	18
	Stimulerad	3	5	1	2	11
	Spontan		1	1	2	4
	Spontan god		3		3	6
		11	16	3	9	39

Tabell 41 Jämförelse mellan fördelningen på kategorierna vid andra och fjärde intervjun.

		Intervju 4				
Intervju 2		Nämner ej	Stimulerad	Spontan	Spontan god	
	Nämner ej	4	8		6	<b>18</b>
	Stimulerad	3	3	3	2	<b>11</b>
	Spontan		1	1	2	<b>4</b>
	Spontan god		4		2	<b>6</b>
		<b>7</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>39</b>

Tabell 42 Jämförelse mellan fördelningen på kategorierna vid tredje och fjärde intervjun.

		Intervju 4				
Intervju 3		Nämner ej	Stimulerad	Spontan	Spontan god	
	Nämner ej	5	4		2	<b>11</b>
	Stimulerad	2	7	2	6	<b>17</b>
	Spontan		1	1	1	<b>3</b>
	Spontan god		5	1	3	<b>9</b>
		<b>7</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>40</b>

I alla dessa jämförelser är det mindre än hälften som har samma kategori i de båda intervjuer som jämförs. Av dem som har en högre kategori i den senare intervjun har många *spontan god* som sin nya kategori. Detta kan tolkas som att när eleverna utvecklar sin partikelmodell, så använder de den till förklaringar, och benägenheten att använda den i flera situationer ökar. Orsaken till att några elever har lägre kategorier i en senare intervju tycks vara, att de inte använder sin molekylmodell spontant utan först efter stimulering.

Denna sammanfattande kategorisering av elevernas molekylbegrepp visar, att kvaliteten på deras kunnande ökar från intervju till intervju. Det finns en grupp elever som snabbt kommer upp till de högsta kategorierna och andra som kommer dit i slutet av intervjuerien. Det är ungefär hälften av eleverna som tillhör denna grupp. De kan använda sitt molekylbegrepp för att förklara och diskutera kända fenomen, och de gör det spontant eller efter en liten påverkan. Många gör det i flera situationer. Några elever känner igen ordet molekyl, och de använder sitt begrepp efter påverkan men ofta bara i en situation i varje intervju. När jag ser på utvecklingen hos enstaka elever kan jag anta, att flera av dem kommer till de högre kategorierna när de ser nya exempel. Deras föreställningar påverkas även på andra sätt. När eleverna får en direkt uppmaning att berätta vad de vet om molekyler, innehåller deras utsagor mycket mer än det som de använder spontant och i samtal med mig.

## 9.11 Vad vet du om molekyler?

Tidigare i detta kapitel om elevernas kunskaper om molekyler redovisas hur de använder sitt partikel- eller molekylbegrepp för att tala om olika fenomen. I slutet av den fjärde intervjun ställer jag en direkt fråga till eleverna, om vad de vet om molekyler. Detta avsnitt av intervjun har inte tagits med i redovisningen ovan. Jag tar upp detta separat för att se på skillnader mellan vad eleverna vet om molekylerna, och hur de använder den kunskapen i sina förklaringar. I bilaga 4 finns en sammanställning över elevernas svar på denna fråga. Därefter talar vi om hur molekylerna rör sig i fasta ämnen, vätskor och gaser, och en sammanställning över detta finns i bilaga 5.

Molekylernas rörlighet är en del av introduktionen av det enkla molekylbegreppet som görs under första lektionen. Elever spelar då vattenmolekyler som is, vatten och vattenånga består av. De får dramatisera det som händer då isen smälter och vattnet kokar. Eleverna har också talat om att vattenmolekyler rör sig från vattnet i jorden upp i luften för att sedan bilda vatten igen på glasväggarna i den slutna boxen. Även i olika situationer under lektionerna kommer eleverna in på detta när de diskuterar att molekyler rör sig. De gör det t ex när vi blandar T-röd och vatten och när kolsyresnön förgasas. Även i diskussionerna av de praktiska uppgifter talar några elever om molekyler som rör sig. Däremot har vi inte talat speciellt om hur molekylerna rör sig i fasta ämnen, vätskor och gaser mer än under dramatiseringen vid första undervisningssekvensen.

Elevernas svar belyses med några exempel på svar på frågan:

”En sak som jag ville pröva var att tala om molekyler när vi diskuterar de här sakerna. Vad vet du om molekyler?”

Ex 1

*Leif: Det är små saker som finns inne i det mesta. Allt flytande finns det molekyler i och i gaser finns det molekyler och så finns det molekyler i papper och i metall och sånt. I allting i oss också.*

*Jag: Molekylerna i vatten och molekylerna i citronsyra är det samma sorts molekyler?*

*Leif: Nej.*

Ex 2

*Ebba: Molekyler är små, små, små saker som finns i luften, gardiner fönster överallt*

*Jag: Är det skillnad på molekylerna i ett fönster och i luften.*

*Ebba: Ja det är fönstermolekyler där och armmolekyler och mikrofonmolekyler där.*

Ex 3

*Åke: Ja det är – ibland kan man inte se dem som i luften finns det molekyler. Små, små. Molekyler kan blandas av olika saker så att de blir en annan precis som när vi hade såna experiment när det blandades så blev det gult i stället.*

Några av eleverna vet mycket om detta, och de använder här sin fantasi när de ger exempel på föremål som består av olika slags molekyler. Om de inte säger någonting om detta frågar jag om det är så. Då svarar nästan alla, att det är olika slags molekyler. Jane, däremot, säger att det är samma slags molekyler i föremålen. Flera elever, t ex Åke, hänvisar till experiment vi gjort eller situationer vi diskuterat när de ska berätta vad de vet om molekyler. Elevernas utsagor i denna del av intervjun är resultatet av en stark påverkan från mig. Jag ställer följdfrågor för att få deras uppfattning om dessa molekyler. Många elever vet mycket om molekyler, och jag vill studera vilket samband det finns mellan det de vet om molekyler och hur användbart detta verktyg är för eleverna.

Elevernas utsagor analyseras med avseende på vilka av följande komponenter som tas upp: allt består av molekyler, molekylerna är små samt olika ämnen består av olika slags molekyler. Jag gör en jämförelse mellan nivån på deras beskrivningar av molekyler i avslutningen på fjärde intervjun och den kategori som de tilldelats för de övriga delarna av fjärde intervjun.

Tabell 43 Jämförelse mellan kategori vid fjärde intervjun och elevernas beskrivningar av vad de vet om molekyler i slutet av fjärde intervjun.

	nämner inte	stimulerad	spontan	spontan god
0 komponenter	1			
1 komponent	2	3		
2 komponenter	1	7	1	6
3 komponenter	3	7	3	6

De som har med två och tre komponenter i tabell 43 har i stort sett samma fördelning av de sammanfattande kategorierna. Alla elever som spontant talar om molekyler har minst två komponenter. Nästan hälften av eleverna har byggt upp ett innehållsrikt molekylbegrepp, men de använder det inte spontant när de beskriver kända fenomen. De ser kanske inte kopplingen mellan sin molekylmodell och sina vardagserfarenheter. Deras modeller är kanske inte så stabila att de vågar använda dem.

Tabell 44 Jämförelse mellan kategori vid tredje intervjun och elevernas beskrivningar av vad de vet om molekyler i slutet av fjärde intervjun.

	nämner inte	stimulerad	spontan	spontan god
0 komponenter	1			
1 komponent	2	1	1	1
2 komponenter	4	9	2	
3 komponenter	4	6	1	8

Jag ser samma samband mellan det antal komponenter eleven talar om i fjärde intervjun och kategoriseringen av tredje intervjun. Se tabell 44. Det är emellertid färre i de spontana kategorierna bland dem som har med *två komponenter*. Detta kan tolkas som att de nya erfarenheter eleverna får vid tredje lektionsserien, gör dem säkrare på sitt molekylbegrepp, så att de är mer benägna att spontant tala om molekyler.

Eleverna får också beskriva hur de tänker sig att molekylerna rör sig i fasta ämnen, vätskor och i gaser. Se bilaga 5. Tolv av eleverna säger att molekylerna rör sig i fasta ämnen, trettio i vätskor och tjugofem i gaser. Elva av dem talar om att molekylerna rör sig i alla ämnen oberoende av om det är en vätska, ett fast ämne eller en gas. Sex elever menar att de bara rör sig i vätskor och gaser men inte i fasta ämnen. Fasta ämnen förknippas ofta med stela ämnen, och då har man svårt att föreställa sig att molekyler kan röra sig i dem.

Många säger att molekylerna rör sig när vätskan eller gasen rör sig. Elof är ett exempel på en elev som ger molekylerna egenskaper som relateras till ämnets egenskaper.

*Jag: Rör sig molekylerna?*

*Elof: Ja de stiger ju uppåt.*

*Jag: Inne i vatten rör sig molekylerna där?*

*Elof: Ja de är ju i vattnet så de går i alla fall runt där.*

*Jag: I isbiten hur rör de sig där?*

*Elof: Där rör de nog inte sig – smälter den så börjar de röra sig.*

*Jag: Här i rummet hur rör sig molekylerna i luften?*

*Elof: Det kommer ut molekyler när vi andas så sen så andas vi in så det rör sig hela tiden.*

När jag presenterade molekylerna, dramatiserade vi det som händer med molekylerna när is smälter och vatten kokar. I de kommande lektionerna har vi inte talat så mycket om molekylrörelse inom fasta ämnen. Elof talar om att olika ämnen består av olika molekyler, men han har svårt att tänka sig att de kan röra sig i isen. I vatten och luft kan de däremot röra sig fritt. En förklaring till att han säger att de inte rör sig i isen kan vara hur han tolkar uttrycket *röra sig*. Han menar kanske att *röra sig* innebär, att molekylen rör sig runt. Svängningar fram och tillbaka runt ett jämviktsläge kanske inte uppfattas som att den rör sig.

## 9.12 Transmutering

Andersson (1990) finner att elever använder ett antal i kemin förbjudna förklaringar eller transmuteringar, när de använder sitt partikelbegrepp till att tala om materiens transformationer. Exempel på transmuteringar är att *”bensin blir värme”* och *”stålull blir kol”*. Det kan vara att ett grundämne omvandlas till ett annat ämne eller att materia omvandlas till energi eller tvärtom (Andersson, 1990). Transmuteringar är inte speciellt vanliga i mina intervjuer, och de elever, som har transmuteringar i sina förklaringar, har samtidigt också förklaringar där de använder ordet molekyl på ett riktigt sätt. De är aldrig den högsta nivån på förklaringarna i någon intervju. Transmuteringar är en del av elevernas föreställningar om vad ordet molekyler är för något.

Ibland får molekylerna ämnets egenskaper så att molekyler brinner upp, ruttar m m. Molekyler som löser sig i vatten är enligt Andersson et al. (1993b) exempel på en annan transmutering. Molekylerna får ibland mänskliga egenskaper i elevernas utsagor. I tabell 45 finns de transmuteringar och andra förbjudna egenskaper som jag hittat i elevernas utsagor.

Transmuteringarna finns bland elevernas förklaringar, men de är med utgångspunkt från min modifiering av definitionen inte särskilt vanligt förekommande. När man ser till elevernas förklaringar i stort, så tycks förklaringar som innebär transmuteringar inte vara centrala i deras tänkande.

Tabell 45 Transmuteringar i elevernas utsagor. A = molekyler som får samma egenskaper som ämnet, B = molekyler som annat än ämnet – vattenmolekyler som löses i vatten, C = molekyler får mänskliga egenskaper.

Elevcitat	Kategori
Ebba I3: <i>Ja det trycks ihop för att det finns molekyler i allting – de brinner upp och då måste papperet veckla ihop sig.</i>	A
Mona I2: <i>Molekyler som ruttar</i> (rostig järnplåt).	A
Mona I3: <i>Kanske för att molekylerna blir mindre när det blir varmt</i> (papperet).	A
Elis I1: <i>Det kanske – värmen gör kanske så att det kryper ihop. Värmen sjunker liksom ihop</i> (papperet).	A
Leif I3: <i>Att elden liksom den tar fyr och den kanske förstör molekyler i papperet. Den dödar dem så att det blir varmt och sen så kanske de försvinner. Det blir rök kanske det är molekylerna som är i papperet som går upp i luften.</i>	A

Elevcitat	Kategori
Leif I4: <i>De har molekylerna har vattenmolekylerna har liksom öppnats så har de gått ihop (citronsyra och magnesiumband).</i>	A
Leo I3: <i>Den skruvade sig. När pappersmolekylerna brinner så vrider det sig.</i>	A
Sten I4: <i>Där uppe. Det är såna där molekyler som elden prickar (bensinångor stiger).</i>	A
Elis I2: <i>Jo men då har inte molekylerna löst upp sig. Om det är varmt vatten kryper liksom då blir det mer liksom mellanrum mellan molekylerna om det är kallt så kryper de liksom ihop (brustablett i vatten).</i>	ABC

### 9.13 Sammanfattning

En central del i min studie är att se vilken förmåga elever i 10-12-årsåldern har att använda kunskaper från naturvetenskap för att förklara vardagsfenomen. Vi har arbetat med utgångspunkt från en mycket enkel partikelmodell. Ett syfte med studien är att se hur eleverna bygger upp sin molekylmodell under projektet och hur de använder denna egna modell. Den inledande resultatredovisningen behandlar detta. I de kommande delarna studeras hur de använder denna modell när de talar om och beskriver olika fenomen både på makronivå och på mikronivå.

Ur den inledande analysen framgår att i stort sett samtliga elever tar till sig och känner igen ordet molekyl, som jag valt att kalla partiklarna. Eleverna utvecklar också sin förmåga att utnyttja sin fantasi för att beskriva t ex hur vattenången är uppbyggd. De flesta eleverna når en högre nivå i sina förklaringar vid de tre avslutande intervjuerna i samtal med mig, än de gör spontant. Några elever har samma nivå både spontant och i samtal med mig. Det gäller naturligtvis dem som når högsta nivån spontant men också några som har kategorin beskriva som sin högsta nivå och som inte använder ordet molekyl i sina förklaringar. Jag gör en sammanfattande kategorisering av elevernas förståelse. Där tar jag med dels hur de använder ordet molekyl, dels deras benägenhet att använda sitt molekylbegrepp och dels i hur många av intervjuens situationer de använder ordet molekyl när de talar om dem. Denna sammanfattande kategorisering av elevernas molekylbegrepp visar att kvaliteten på deras kunnande ökar under projektet. Det finns en grupp elever som snabbt kommer upp till de båda spontana kategorierna och andra som kommer dit i slutet av intervjuerien. Det är ungefär hälften av eleverna som tillhör denna grupp då. De kan använda sitt molekylbegrepp för att förklara och diskutera kända fenomen, och de gör det spontant eller efter en liten påverkan. Många gör det i flera situationer. Det finns också en grupp elever som vet mycket om molekyler men som inte använder begreppet i sina förklaringar.



## 10 Elevers föreställningar om gaser

I flera studier framgår det, att gasbegreppet är mycket komplicerat för eleverna. Många elever uppfattar gaser som ickemateria, och det är inte självklart, att man uppfattar luft som en gas. Det, som för naturvetarna är förgasning, uppfattas ofta som att ämnet försvinner. När jag studerar elevernas föreställningar om gaser väljer jag att studera hur de talar om gaserna. Under diskussionerna vid intervjuerna kommer eleverna ofta att tala om gaser, och detta ger inblick i deras föreställningar om gaser.

### 10.1 Gasbegreppet – nyckelidéer och kategorischema

Under intervjuerna talar eleverna ofta om ämnen i gasform. I exemplet med den slutna burken med jord talar de om ångan som stiger upp från jorden. När något brinner och försvinner sägs det som brinner bli ”precis som luft”. Det som luktar avger en doft eller, som några säger, ”en gas”.

Eleverna får inga frågor om gaser, men när vi talar om t ex vatten som avdunstar, papper som brinner och föremål med lukt, kommer deras förklaringar att innehålla beskrivningar av gaser. Jag följer upp med nya frågor, för att se hur de talar om gaser, genom att uppmana dem att förklara mera ingående eller att belysa problemen från nya infallsvinklar.

Här följer några exempel på hur elever talar om gaser. De första utdragen är från intervjuerna med Disa.

#### Intervju 1

*Det är att små molekyler eller vad det är. Det är små jättesmå vattendroppar som kommer från marken. Så kommer de upp och så bildar de moln. Fast de har inte kommit ut så därför fastnar de där.*

#### Intervju 2

*Det har väl torkat in i materialet eller så har det blivit molekyler som är i luften (vatten på diskbänken).*

#### Intervju 4

*Det är kanske så att det är molekyler i luften. Det är det nog så att de åker ihop i en enda klunga och så blir det stora droppar. Så börjar det regna ner. De kan inte sväva mer. Det är liksom problemet där att det borde ha regnat hela tiden ju. Men molekylerna måste ju komma från nåt.*

Jag fortsätter med utdrag från intervjuerna med Set.

#### Intervju 1

*Man kan inte se det som avdunstat – det är genomskinligt (burken).*

*Papperet försvinner ut i luften. Finns i luften.*

#### Intervju 2

*Avdunstat – det finns uppe i luften men kan inte ses – har blivit luft (vatten på diskbänken).*

## Intervju 3

*Gaser ser likadant ut som luft.*

*En gas kommer från teet.*

*Det kommer gas från parfymen.*

## Intervju 4

*Imman kommer från molekylerna i bensinen. Luft och bensin blir någon slags gas som ånga.*

*Eftersom det är molekyler i det och kommer det ut i luften (bensin).*

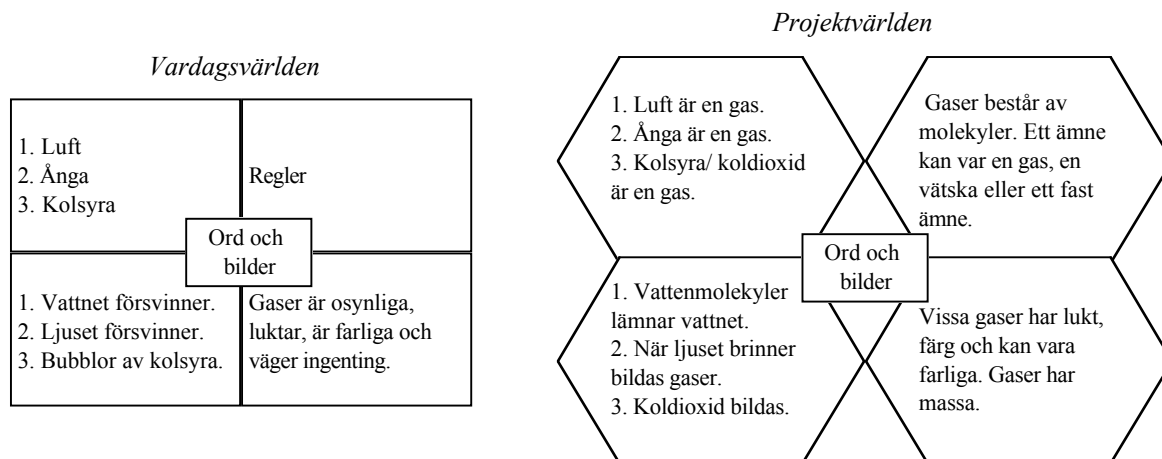
Under lektionerna har vi kommit i kontakt med situationer där gaser finns med. Nyckelidéer om gaser redovisas i tabell 46.

Tabell 46 Nyckelidéer om gaser i lektionerna.

U1 – nyckelidéer	U2 – nyckelidéer	U3 – nyckelidéer
Gaser finns. Ånga kan avdunsta från vatten. Ett ämne kan vara fast, vätska eller en gas. Ånga är en gas.	Ett ämne kan vara fast, vätska eller en gas. Gaser är materia. Gaser kan komprimeras. Fast ämne kan bli en gas.	Ånga finns i luften. Luft väger. Luft kan komprimeras.

I den första undervisningssekvensen arbetar eleverna med materiens faser och med exempel från olika ämnen och föremål. Vi talar också om vatten i gasform som vi inte kan se. Vid nästa undervisningssekvens fortsätter vi med att belysa skillnaderna mellan fasta ämnen, vätskor och gaser och eleverna får beskriva vad en gas är. Under denna period iakttar vi också hur kolsyresnö övergår till gas och att luft kan komprimeras. Under den sista undervisningssekvensen återkommer vi till vattenånga och luft. Vi väger en fotboll före och efter att vi pumpat upp den. Vi diskuterar att luft kan pressas samman så, att vi kan pumpa in mer och mer luft i fotbollen.

Gasformiga ämnen är oftast osynliga. Eleverna kan inte märka om en gas släpps ut i luften, om den inte luktar eller har färg. Med gas menar eleverna ofta gaser som vi kan uppfatta med våra sinnen, dvs lukt eller syn. När elever talar om att något försvinner, t ex i samband med att det brinner, säger de ofta att det går ut i luften, när man frågar vad de menar. Gå ut i luften kan då betyda, att något blandas med luften, att det bildas en gas eller något annat. En enkel partikelmodell kan vara ett hjälpmedel, när man ska förklara olika händelser som avdunstning och förbränning samt egenskaper hos gaser, som att de har vikt och att de kan pressas samman. I projektvärlden, se figur 27, kan vi förklara en del av gasernas egenskaper med att det är mycket glesare mellan molekylerna i en gas än i en vätska. Om det är glesare mellan molekylerna, kan man kanske förklara att gasen kan pressas samman lättare än vad en vätska kan. När ett stearinljus brinner bildas gaser som blandar sig med luftens gaser. Vi ser ingen skillnad mellan luftens molekyler och de bildade gasernas molekyler. Många elever uppfattar det brinnande ljuset som att det sker en avdunstning. När vi pumpar in luft i fotbollen blir den tyngre. Eftersom luft är ”luftmolekyler” kan modellen utvidgas med att molekyler har vikt. I figur 27 sammanfattas målsättningen för arbetet med gasbegreppet i projektet.



Figur 27 Le Maréchal-schema som visar målsättningen för gasbegreppet i projektet.

Jag gör en särskild analys av hur eleverna uppfattar förändringar som innebär att en kemisk reaktion sker, så det tas inte med i detta avsnitt. Under den första och den fjärde intervjun diskuteras hur vi kan känna lukt från ämnen med stark doft. I förklaringarna till vad som händer mellan det som luktar och näsan, har eleverna olika sätt att beskriva det som rör sig genom luften. Ånga lämnar t ex mat som luktar. Något från det som luktar kommer in i näsan, och några säger att en gas kommer från det som luktar. Det finns också elever som säger, att molekyler från det som luktar kommer in i näsan. Denna beskrivning skulle kunna vara en rimlig högsta nivå i elevernas beskrivningar av lukt. För många elever är föreställningarna om gaser som lämnar det som luktar en hög nivå av förståelse.

Elevernas sätt att tala om gaser har kategoriserats med avseende på kvaliteten i beskrivningen. Varje intervju kategoriseras med den högsta kategorin som eleven använder under intervjun. I tabell 47 beskrivs kategorierna som används vid analys med avseende på beskrivning av gaser.

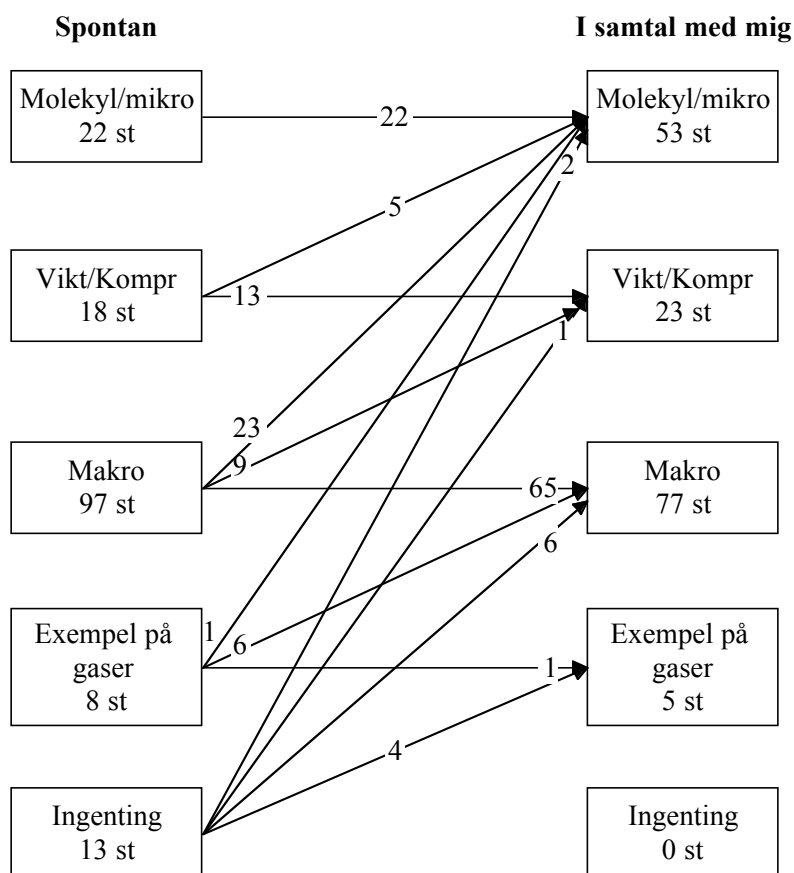
Tabell 47 Kategorisering av elevernas sätt ”att tala om gaser”.

Kategori	Beskrivning	Exempel
Ingenting	Säger ingenting om gaser.	
Exempel	Anger att något är en gas, att man inte kan ta på det eller att den är osynlig.	<i>Jane I3: Som luft.</i> <i>Ove I4: Nej. Ja det är en gas.</i>
Makro	Beskriver situationer då gaser bildas vid avdunstning eller vid förbränning m m. Inga egenskaper som att gaser har vikt eller att de kan komprimeras nämns.	<i>Alma I1: Det har luften och det som finns i burken avger jorden och sätter sig på glaset och blir vattendroppar.</i> <i>Carl I3: Det blir varmt här i, för man har lock på. Det blir varmare så då avdunstar ånga. Det är precis som när man kokar så.</i>
Vikt/Kompr.	Anger exempel på att gaser har vikt eller att de kan komprimeras.	<i>Siv I2: Ja de har de väl. De innehåller lite luft gas som åker ut i luften. De väger kanske lite.</i>

Kategori	Beskrivning	Exempel
Molekyl/Mikro	Beskriver gaser med hjälp av ordet molekyl eller använder en partikelmodell för gaser.	<i>Dan I4: Man kan hålla de där uppe. Det ångar upp lite. Molekylerna kommer upp.</i> <i>Disa I4: Det är kanske så att det är molekyler i luften det är det nog så liksom åker de ihop i en enda klunga. När blir det stora droppar så börjar det regna ner. De kan inte sväva mer. Det är liksom problemet där att det borde ha regnat hela tiden ju. Men molekylerna måste ju komma från nåt.</i>

## 10.2 Spontana beskrivningar och beskrivningar vid samtal av gaser

Analys-schemat i tabell 47 använder jag när jag som nämnts, studerar elevernas beskrivningar av gaser, dels spontana och dels i samtal med mig. Jag ställer inga konkreta frågor om gaser, men eleverna talar om gaser i diskussionerna om fenomenen i intervjuerna och under lektionerna. Om eleven frågar vad jag menar, förtydligar jag frågan. Även det som eleven då säger tar jag med under analysen av deras spontana beskrivningar av gaser. I situationen med det brinnande ljuset och den brinnande bensinen ställer jag frågan om vad som händer, när man sätter en burk över det brinnande ljuset respektive bensinen. Elevernas spontana svar på den frågan tas också med i analysen av deras spontana beskrivningar av gaser.

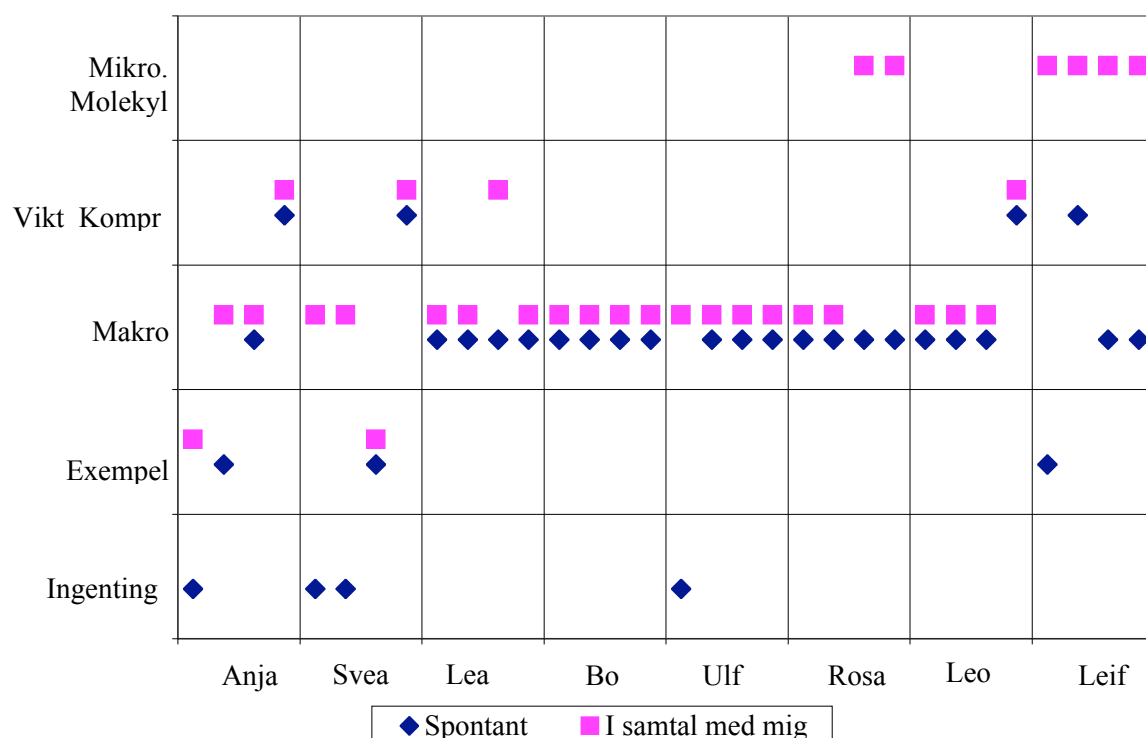


Figur 28 Jämförelse mellan spontana beskrivningar av gaser och de som kommer i diskussionerna vid de 158 intervjuerna.

I figur 28 finns en jämförelse mellan hur eleverna enligt min kategorisering talar om gaser spontant och i samtal med mig

Många elever når en högre nivå i sina beskrivningar av gaser när vi samtalar om fenomenen. Deras förklaringar stimuleras av den fortsatta diskussionen. Det kan också vara så att eleverna genom vårt samtal kommer mer in i den diskurs som innebär, att man använder kunskaper från naturvetenskapen för att tala om vardagliga fenomen. De använder alltså det vi talat om vid lektionerna, och då kommer de att använda andra delar av sitt kunnande än de normalt gör spontant.

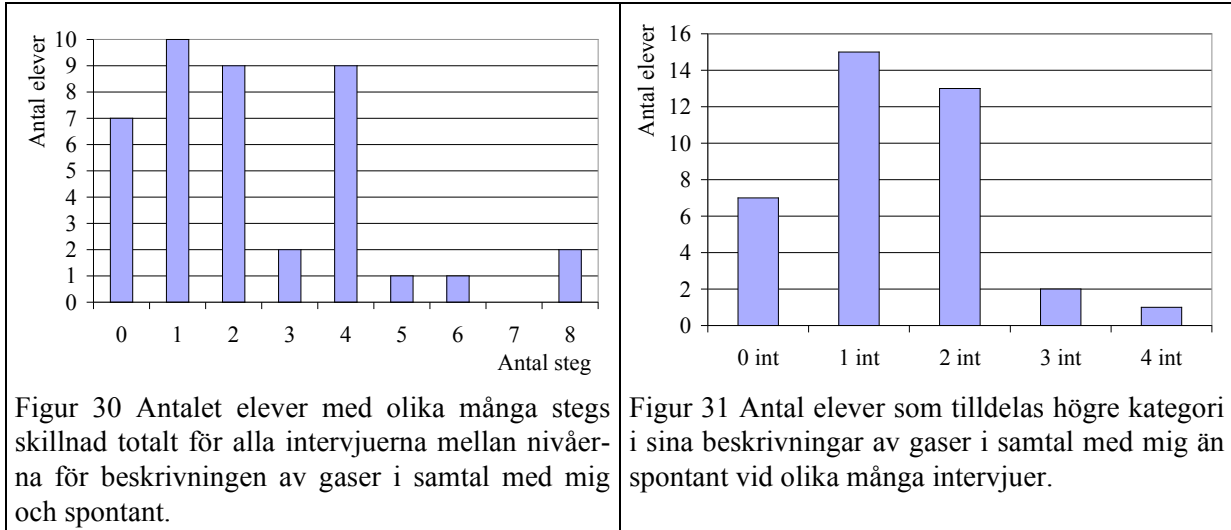
I figur 29 visas utvecklingen av förhållandet mellan kategoriseringen av några elevers beskrivningar av gaser från de båda perspektiven.



Figur 29 Kategoriseringen av åtta elevers beskrivningar av gaser, dels spontant och dels totalt under intervjuerna. De fyra paren av markeringar för varje elev motsvarar från vänster I1-I4. De vågräta raderna motsvarar kategorierna.

För Anja och Svea är det skillnad på kategorier för de båda perspektiven på kunnande vid de båda första intervjuerna men i de båda senare är det samma nivå. För Svea är skillnaderna större mellan de spontana beskrivningarna och i samtal med mig vid de båda inledande intervjuerna än för Anja. Lea, Bo och Ulf representerar de elever som tilldelas i stort sett samma kategorier på sina förklaringar både spontant och i samtal med mig vid alla intervjuer. Vid enstaka intervjuer finns det skillnader. Rosa representerar de elever som börjar med att ha samma kategorier på båda perspektiven vid de inledande intervjuerna, men som sedan har en högre nivå i samtal med mig. Hon fortsätter att spontant tala om gaser från ett makroperspektiv men i samtal med mig använder hon förklaringar med partiklar. Leo tilldelas samma kategori vid samtliga intervjuer, och den avslutande nivån ligger på en högre nivå än de inledande. Leif representerar de ca fem elever som hela tiden i samtal med mig talar om gaser på partikelnivå. Hans spontana beskrivningar av gaser ligger på klart lägre nivåer.

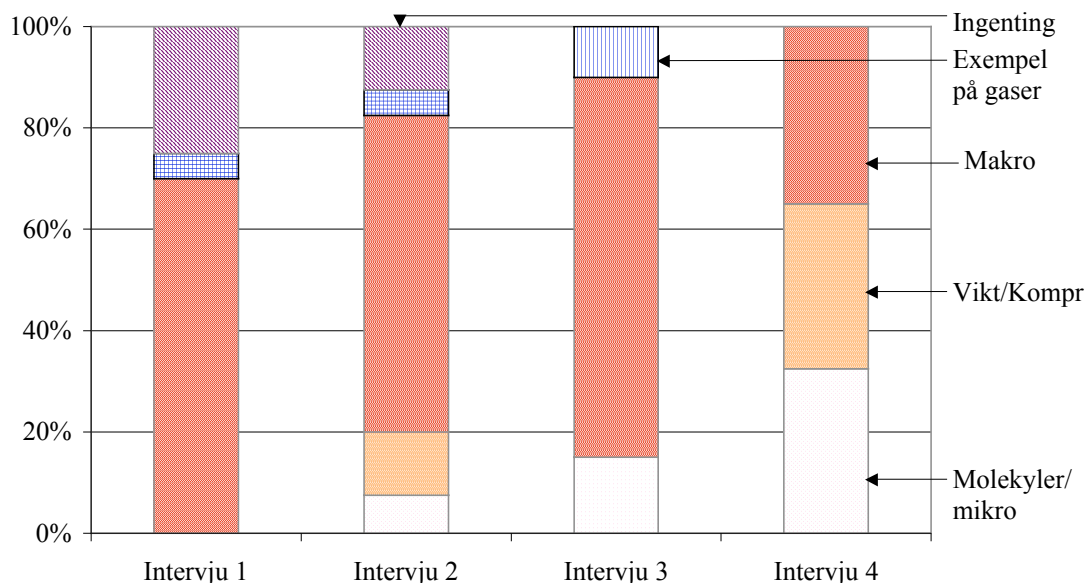
I figur 30 redovisas hur många steg högre förklaringarna i samtal med mig är än det som sägs spontant. Redovisningen gäller totala antalet steg vid de fyra intervjuerna. Sju elever har samma förklaringsnivå vid samtliga intervjuer och 19 av 40 har ett eller två steg högre vid samtalet med mig än i sina spontana förklaringar av fenomenen. Figur 31 visar att 16 av 40 elever har högre nivå vid minst två av intervjuerna.



Att elever tilldelas samma kategori i båda perspektiven innebär inte att deras beskrivningar av gaser under samtalen med mig inte utvecklas. De har kanske samma kategori, men den återkommer fler gånger under samtalen med mig än spontant. De har också ofta en högre nivå inom respektive kategori. Se fallstudien i avsnitt 10.5 där några enskilda elevers utveckling beskrivs.

### 10.3 Elevernas spontana beskrivningar av gaser

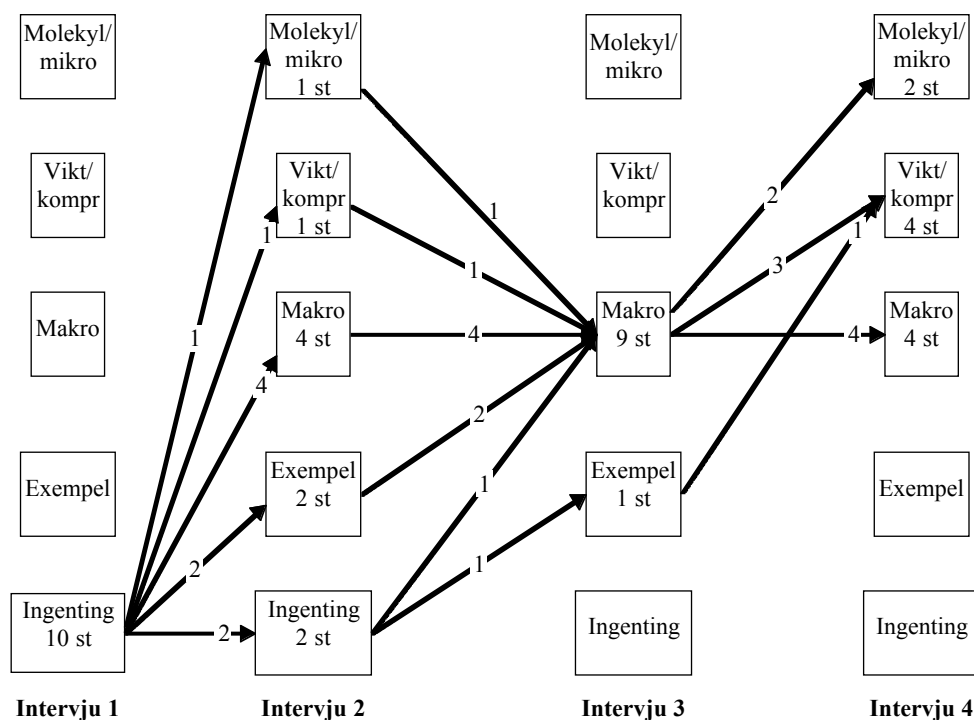
I figur 32 finns en sammanställning över kategoriseringen av elevernas spontana beskrivningar av gaser. Vid den inledande intervjun finns inga elever i de båda högsta kategorierna.



Figur 32 Elevernas spontana beskrivning av gaser – sammanställning av den procentuella andelen i respektive kategori vid de fyra intervjuerna.

Vid den andra och tredje intervjun placeras de allra flesta eleverna i *makro*-kategorin. I den fjärde intervjun är det ca två tredjedelar i de två högsta nivåerna i min kategorisering. De talar om gasers vikt eller att gaser kan komprimeras, eller också använder de ett partikeltänkande i sina beskrivningar.

Utvecklingen för enskilda elever redovisas i figur 33-34. I figureerna beskrivs utvecklingen med utgångspunkt från den kategori eleven tilldelas vid första intervjun. Figur 33 visar hur de tio elever som inte säger någonting om gaser vid första intervjun gör det vid de kommande intervjuerna.



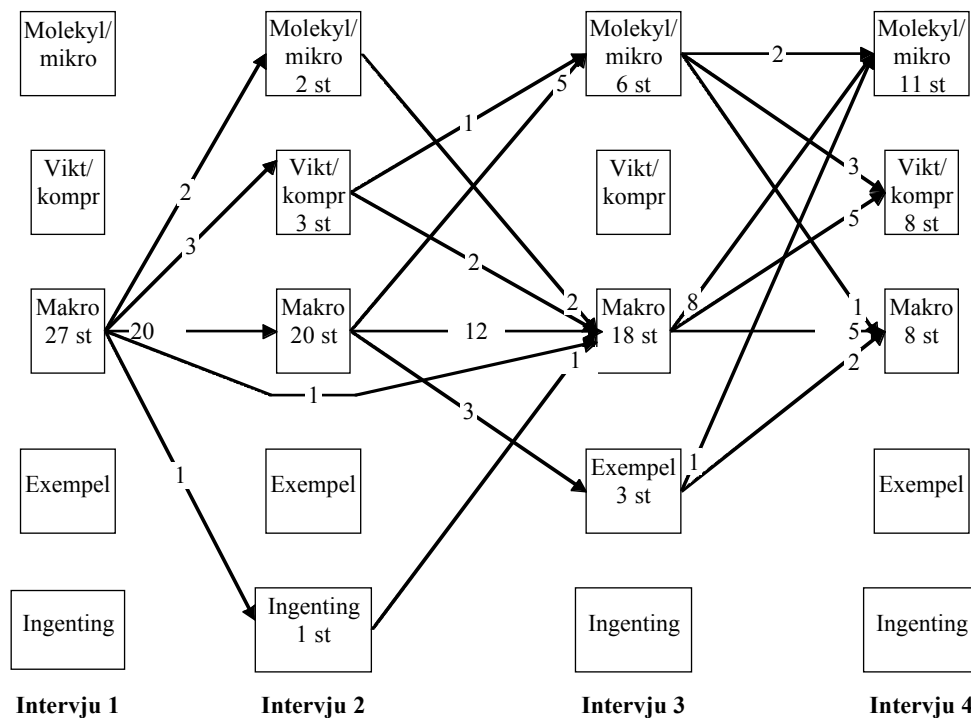
Figur 33 Kategorisering av elevernas spontana beskrivning av gaser från I1-I4. Elever som inte spontant talar om gaser vid Intervju 1.

Nio av dessa elever är på makronivån eller högre vid minst två av de återstående tre intervjuerna. Sex av dem talar om gaspartiklar eller om att gaser har vikt eller kan komprimeras vid den fjärde intervjun. Den elev, som talar om gaspartiklar och den som talar om att gaser har vikt redan vid andra intervjun, talar båda om gaser i partikelform vid fjärde intervjun. Den långsiktiga utvecklingen av dessa elevers tal om gaser är att de får allt högre kvalitet i sina beskrivningar. Några elever behöver längre tid eller fler exempel från lektionerna för att spontant använda ett mer naturvetenskapligt sätt att tala om gaserna. Ingen elev har legat på någon av de båda lägsta nivåerna vid samtliga intervjuer. Endast enstaka elever går direkt från de båda lägsta nivåerna upp till de högsta och stannar där utan att först vara på makronivån.

Tjugosju elever talar om gaser på makronivån vid första intervjun. De talar alltså om gaser utan att nämna något om gaspartiklar eller att gaser kan komprimeras eller har vikt. Deras utveckling framgår av figur 34.

Utvecklingen i stort påminner om den som finns bland dem som inte säger någonting om gaser vid första intervjun. De flesta av de elever, som talar om gaspartiklar eller om gasers vikt eller att gaser kan komprimeras vid andra intervjun, gör det inte vid den tredje intervjun. Vid

fjärde intervjun gör de det igen. Denna skillnad kan delvis förklaras av att det är olika situationer som diskuteras vid första och tredje intervjun respektive vid den andra och fjärde intervjun.



Figur 34 Kategorisering av elevernas spontana beskrivning av gaser från I1-I4. Elever som talar om gaser på makronivå vid första intervjun.

Vid den sista undervisningssekvensen som ligger mellan den tredje och fjärde intervjun, har vi också en diskussion om hur vikten av fotbollen ökar när vi pumpar upp den. Detta kan vara en orsak till att antalet elever som talar om gasers vikt ökar i den fjärde intervjun. Det är också en kraftig ökning i förhållande till den andra intervjun där det finns en liknande situation, som också utmanar elevernas föreställningar om att gaser väger. Den stora förändringen mot de båda kvalitativt högre nivåerna sker vid den fjärde intervjun. Elva av de tjugosju eleverna talar nu om gaser i partikelform och åtta om att gaser har vikt eller att de kan komprimeras. De två elever som endast ger exempel på gaser i första intervjun tilldelas *makro* eller högre nivåer vid de två senare intervjuerna.

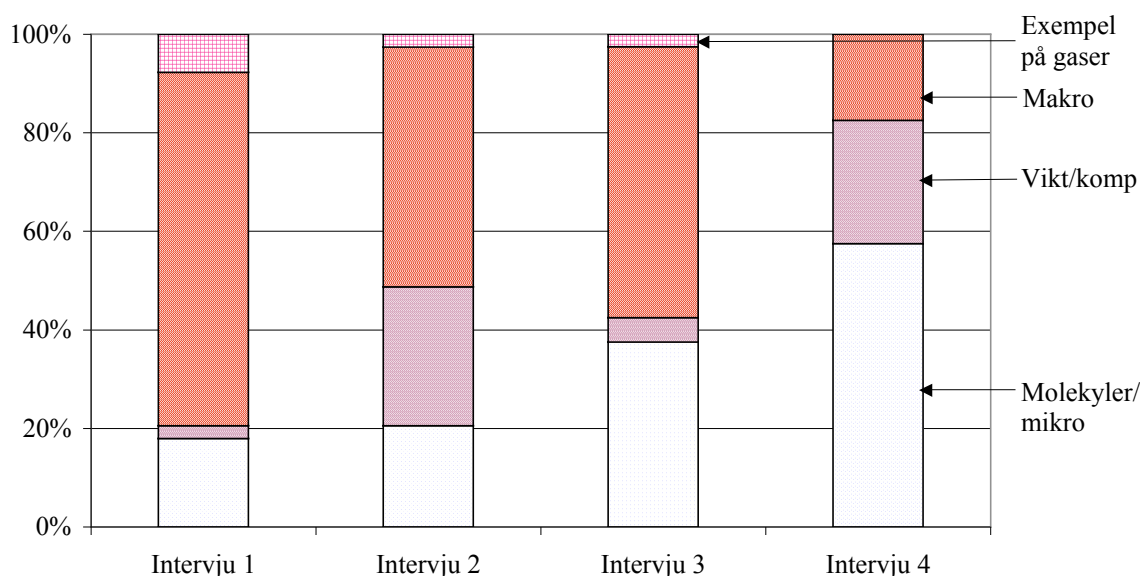
Jag har också jämfört hur elever med olika kategorisering kommer till de båda högsta nivåerna under de tre senare intervjuerna. Man kan då se lite av den betydelse som tidiga erfarenheter och kunskaper kan ha för utvecklingen av förståelsen. Andelen elever som kategoriseras i kategorierna *molekyl/mikro* och *vikt/kompr*. ökar under studien både för dem som inte säger någonting om gaser vid första intervjun och för dem som talar om gasers makroskopiska egenskaper.. Det är däremot en större andel elever som vid den tredje och fjärde intervjun tilldelas de båda högsta kategorierna bland dem som tilldelas *makro* vid första intervjun. De kommer också tidigare upp till de båda högsta kategorierna.



## 10.4 Eleverna talar om gaser i samtal med mig under intervjun

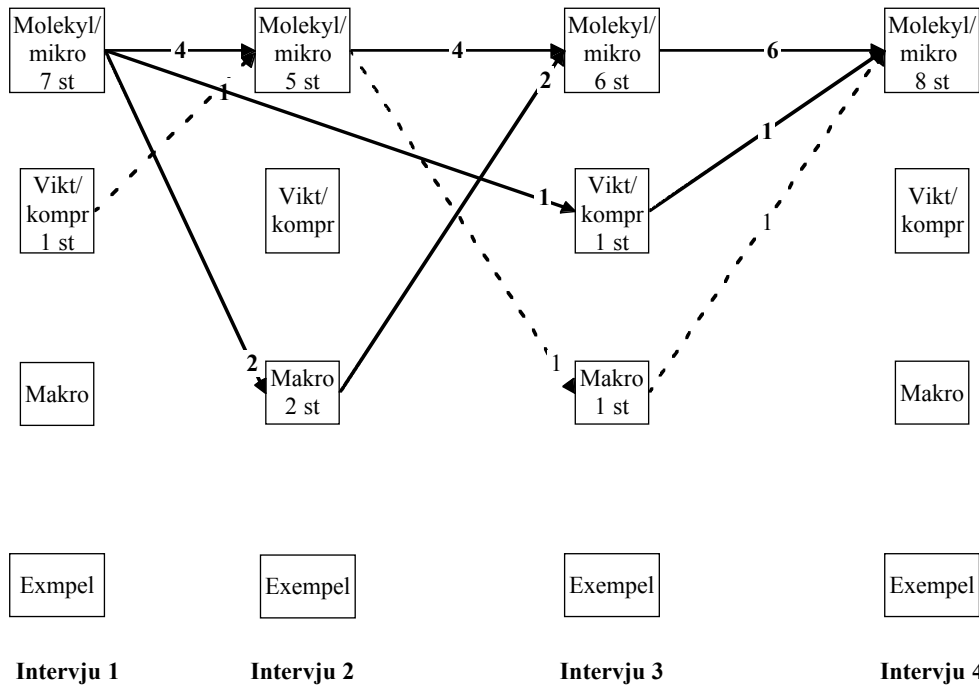
I detta avsnitt redovisas hur eleverna talar om gaser i samtal med mig. Mina följdfrågor leder troligen in elevernas tankar i en diskurs, där det är naturligt att använda sin kunskap i naturvetenskap för att tala om vardagliga fenomen. Jag uppmanar dem emellertid aldrig att göra det.

I figur 35 finns en sammanställning över elevernas högsta nivå vid samtal med mig under intervjuerna. Vid andra och fjärde intervjuerna diskuteras situationer där det är naturligt att tala om gasers egenskaper. Vi diskuterar vad som händer med vikten då en brustablett läggs i vatten vid andra intervjun och hur vikten av fotbollen ändras då vi pumpar upp den vid fjärde. Vid första och tredje intervjun har vi inte samma situationer. Under samtalet om fotbollen kommer några elever också in på att gasen i fotbollen trycks samman, när man pumpar upp bollen mer. Elever, som talar om gasers vikt eller att gaser kan tryckas samman, talar ofta också om gasers molekyler. Några elever talar redan vid första intervjun om gaspartiklar eller gasmolekyler. Antalet ökar sedan hela tiden, när vi arbetar med olika nyckelidéer om gaser vid lektionerna och diskuterar det vid tidigare intervjuer. Sextio procent av alla eleverna talar om gaspartiklar eller gasmolekyler vid fjärde intervjun och ytterligare tjugo procent om att gaser väger eller kan komprimeras vid denna intervju.

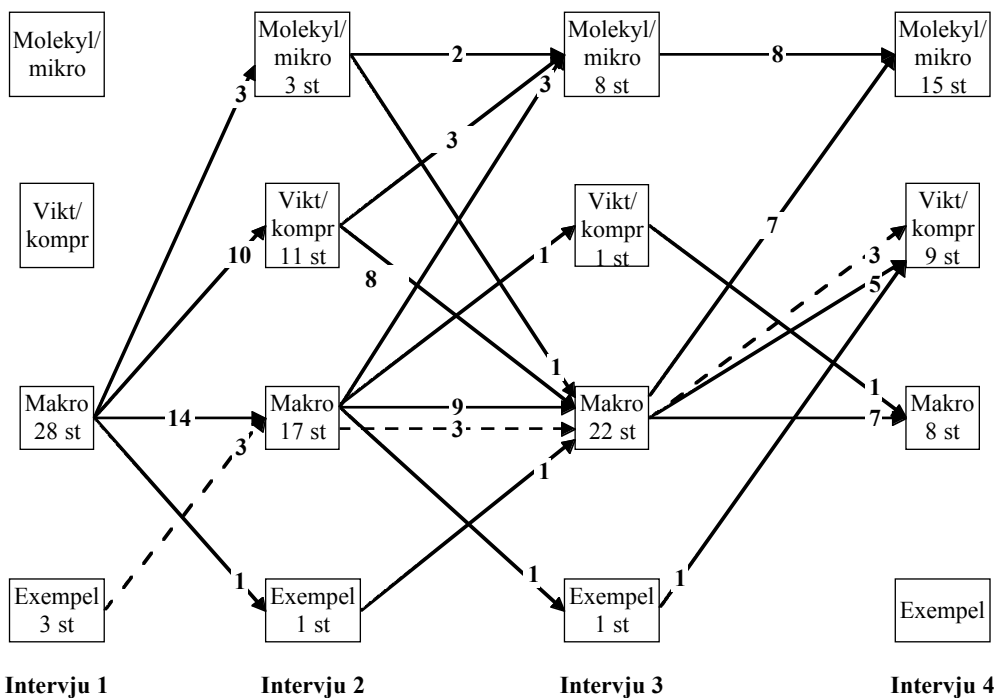


Figur 35 Kategorisering av hur eleverna talar om gaser i samtal med mig under intervjuerna. En elev deltog inte i första intervjun, en annan saknades vid andra. Andelen elever i respektive kategori vid de olika intervjuerna.

I figur 36–37 åskådliggörs hur enskilda elevers tal om gaser under våra samtal vid intervjuerna utvecklas under projektet. Alla elever talar om gaser under våra samtal så rutorna för kategorin *ingenting* tas inte med i figuren. I diagrammet markeras eleverna i de olika kategorierna vid första intervjun med samma utseende på linjerna i hela diagrammet. Redovisningen är uppdelad i två diagram, för att det ska bli lättare att följa kategoriseringen av elevernas beskrivningar.



Figur 36 Kategorisering av hur eleverna talar om gaser i samtal med mig. En elev deltog inte i andra intervjun. Figuren avser de elever som kategoriserades som *molekyl/mikro* eller *vikt/kompr.* vid första intervjun.



Figur 37 Kategorisering av hur eleverna talar om gaser i samtal med mig. En elev deltog inte i första intervjun. Figuren avser de elever som kategoriserades som *exempel* på gaser eller *makro* vid första intervjun.

Alla de elever, som tilldelas någon av de båda högsta kategorierna vid den inledande intervjun, tilldelas den högsta kategorin vid den fjärde intervjun. Fyra av dem finns i den högsta

hela tiden. Tjugoåtta elever kategoriseras som *makro* vid första intervjun. Av dessa elever är det tre som vid andra intervjun, åtta vid tredje och fjorton vid sista intervjun som kategoriseras i högsta kategorin, *molekyl/mikro*. Tre elever ger endast exempel på gaser vid första intervjun. Vid den fjärde intervjun beskriver de gasers egenskaper som vikt eller att gaser kan komprimeras.

### Sammanfattning

Eleverna visar sina kunskaper om gaser, när jag talar om vardagliga fenomen, där gaser kan spela en roll för händelseförloppet. Jag behöver inte fråga speciellt om gaserna, utan det kommer med i elevernas beskrivningar ändå. Det är främst luft och vattenånga och ibland koldioxid som eleverna känner igen, som är aktuella. Under projektets senare del talar alla elever om luft som en gas, och ingen säger att gaser som bildas bara försvinner. Elevernas sätt att tala om gaser utvecklas under studien. I början talar de om gaser genom att likna den aktuella gasen vid luft eller ånga eller någon annan gas de känner igen. De talar också om gaser utan att nämna något om gasers egenskaper som t ex att gaser väger. Eleverna visar mer av sina kunskaper i samtal med mig än de gör spontant. Utvecklingen av kunnandet sker både när man ser till utvecklingen av det eleverna visar spontant och det de visar i samtal med mig. Detta tolkar jag som att elevernas tidigare kunskaper har stor betydelse. Om eleverna tidigt får erfarenheter av att använda kunskaper i naturvetenskap, så tycks deras förmåga och benägenhet att göra detta öka mer under projektet.

## 10.5 Två elevers föreställningar om gaser

Jag beskriver mer i detalj hur två av eleverna, Siv och Glen, talar om gaser under de fyra intervjuerna. I denna redovisning tar jag med både det som eleverna spontant säger om gaser och det som de säger efter att jag ställer följdfrågor.

### **Siv**

Siv talar vid de tre första intervjuerna spontant om gaser på makronivån. Under samtalet med mig vid den andra intervjun talar hon om att gaser väger, när hon beskriver brustabletten i vattnet. I övrigt är makronivån den högsta nivån vid de tre första intervjuerna. Vid den fjärde intervjun har hon ett partikeltänkande både i sina spontana beskrivningar och i samtal med mig. När hon talar om den slutna burken med jord vid första intervjun har värmen stor betydelse. Hon talar om att det blir ånga men återkommer till att det blir varmt. Hon talar också om att syret eller luften kanske gör att imman kommer ut.

Nedan följer några utdrag ur intervjuerna med Siv

*Siv II: Det låg värme där inne så var det vatten i jorden. Vattnet har kanske åkt ut och blivit imma.*

*Jag: Hur har det kunnat bli imma där uppe? Hur kan vattnet komma från jorden hit upp?*

*Siv II: Det har kanske åkt upp och det har varit värme. Syret kanske gör det.*

*Jag: Vad kan hända med vattnet i jorden för att det ska kunna komma hit upp?*

*Siv II: Det är väl luft i jorden också.*

*Jag: Kan man se när det åker upp? Jag har inte tittat hela tiden.*

*Siv II: Nej man ser inte luften ju.*

*Jag: Det är i luften då. Men vattnet kommer hit upp?*

*Siv II: Värmen kanske gör så att det stiger uppåt eller vattnet ...*

*Jag: Vad händer med vattnet när det stiger uppåt?*

*Siv II: Det blir tunnare – det blir ånga som dimma?*

När Siv talar om det brinnande ljuset är hon klar över syrets roll för förbränningen. Värme som trycker på är ett återkommande tema när hon ska förklara var imman på glasets insida kommer ifrån.

*Siv II: Från ljuset när det slocknar så kommer det värme som trycker på syret.*

När hon beskriver karamellerna som luktar, så menar hon att lukten beror på att karamellerna avger gas.

Vid den andra intervjun säger Siv att vattnet på diskbänken har blivit ånga: *”Det försvinner. Blir väl ånga i luften.”* Hon använder samma beskrivning av vad som händer med den brinnande bensinen. *”Den går väl upp i rök? Försvinner som ånga ungefär.”* Luftens roll vid förbränningen är nu ännu klarare: *”Då när luften är slut i denna så släcks den.”*

Vid den andra intervjun i samband med brustabletten i vatten talar hon också om att gaser kan ha vikt. *”De (bubblorna som kommer upp) innehåller lite luft, gas som åker ut i luften. De väger kanske lite.”*

Frågorna från första intervjun återkommer vid den tredje. Man känner igen många av förklaringar som hon har ett år tidigare. Hon talar om gaser genom att ge exempel på gaser och genom att tala om gaserna på ett makroskopiskt plan. Nu återkommer både tankarna om att jorden värms upp och att luften trycker ut ångan. *”Jorden är kanske kall innan så kommer det luft i burken så blir det ånga.”* Hon talar också om att det kan vara luften som blir imma som sätter sig på väggarna när man sätter en glasburk över det brinnande ljuset. Syrets roll för förbränningen är också på samma nivå som vid föregående intervju. Vid tredje intervjun talar hon om, att det är lukten som åker ut från teet på samma sätt som hon talar om lukten från karamellerna.

Vid den fjärde intervjun talar hon om gaser på ett mer komplett sätt. Hon talar om luftens roll för den brinnande bensinen, och att den gas som bildas när magnesium läggs i citronsyralösning är osynlig när den kommer ut i luften. Imman på glasets insida kommer från en gas som bildas när bensinen slocknar. Denna tanke finns också vid första intervjun men inte vid andra och tredje. Hon talar om att gaser väger när hon förklarar varför fotbollen blir tyngre när den pumpas upp. *”Jag tror att luft väger något i alla fall.”* I några fall använder hon sin molekylmodell för att förklara fenomen där gaser ingår.

*Siv I4: Jag tror du kan hålla tändstickan ovanför.*

*Jag: Varför kan man det?*

*Siv I4: Därför att, jag vet inte, det är molekyler.*

Hon är lite tveksam i sin användning av molekylbegreppet och det kommer lite prövande som en andra förklaring, men hon tycks tro att det skulle kunna vara användbart. När vi fortsätter samtalet, tycks hon känna att hennes molekylmodell skulle kunna vara användbar. Hon talar om molekyler men utvecklar inte detta när jag ställer följdfrågor. När hon lite senare talar om regnet, så talar hon om att det kommer upp vatten eller molekyler från sjöar. I nästa mening talar hon också om molekyler som kommer upp.

*Vattnet från sjöar avdunstar upp i molnen. Sen en annan dag så när det har kommit upp tillräckligt med vatten då eller molekyler som kommit upp. När de blivit för tunga så åker de ner.*

Jag uppfattar detta som början till ett molekyltänkande om gaser.

### **Glen**

Glen kände till molekyler och hade ett molekylbegrepp redan vid första intervju. Han använder inte detta spontant då utan först i samtal med mig, vilket han fortsätter med vid samtliga intervjuer. Han talar vid första intervjun om några bubblor som stiger uppåt från jorden i burken och när jag frågar vidare om dessa bubblor svarar han *"Det är molekyler eller vatten"*. När han sedan hör att jag frågar om var han hört om molekyler, så använder han dessa för att förklara andra fenomen. Han säger att man inte kan se vattenånga: *"Därför att de molekylerna som stiger uppåt är så pyttesmå så man ser inte dem"*. Stearinen försvinner från ljuset för *"det är precis som om molekylerna flyger iväg"*. Lukten från köttbullar kan enligt Glen vara små vattenmolekyler som stiger uppåt. Glen talar också om att jorden värms upp så att vattnet avdunstar: *"Det kanske har stått nånstans där solen eller nån lampa har skinit så stiger den. Det blir vattenånga sen stiger det uppåt. Sen fastnar det på sidorna och locket."* Vattenångan fastnar på väggarna utan att kylas av eller att någonting annat händer. När Glen förklarar syrets roll vid förbränningen, talar han både om att syre behövs, och att det tar slut när ljuset brinner.

Även under andra intervjun talar Glen om molekyler, när han ska beskriva fenomen där gaser ingår. Nedan finns några uttalanden av Glen där han använder sin molekylmodell vid andra intervjun.

Exempel 1 i diskussion kring vatten på diskbänken:

*Glen: Det har avdunstat. Det var precis som vi talade om molekylerna för liksom när det blev varmare så stiger molekylerna och sen försvinner det från vattnet och snart försvinner allting.*

*Jag: Var finns de nu?*

*Glen: Ute i luften.*

Exempel 2 i diskussion kring bensen som brinner:

*Den försvinner efter ett tag. Det är precis som om molekylerna som försvinner ut i luften.*

Exempel 3 i diskussion kring bensen som brinner:

*Jag: Var har ångan kommit från?*

*Glen: Det är precis som molekylerna kan man säga.*

Exempel 4 i diskussion om en brustablett i vatten:

*Det är kanske såna molekyler som har varit i vattnet innan så åker de i bubblorna som spricker så bildas det molekyler som flyger iväg.*

I de både första exempel talar Glen om att gas i form av molekyler försvinner ut i luften. Det gäller både vattnet på diskbänken och bensen som brinner. I det tredje exemplet är det lite oklart vad han avser men i fortsättningen av intervjun säger han att ångan kommer från bensen. Det fjärde exemplet är från diskussionen om varför vikten av en burk med vatten och en brustablett blir mindre när gasbubblorna från brustabletten går ut i luften. Han säger att mole-

kylerna bildas då bubblorna spricker och blir gas. Det är oklart om Glen tror att det bara är gaser som består av molekyler. Molekyler som finns i vattnet kan vara en gas men det kan också vara vattenmolekyler som han menar. När han talar om bubblorna från tabletten i vattnet, säger han att det är en gas som bildas. Han tror att det är syre, troligen för att det är en gas han känner till. Han tror att gasen kan finnas inne i tabletten. Glen har även en klar uppfattning om syrets roll vid förbränningen.

Vid tredje intervjun talar Glen om molekyler vid ett tillfälle, nämligen då han ska förklara hur man kan känna lukt av parfym på långt håll. Han använder inte sitt molekylbegrepp i de andra situationerna på samma sätt som under tidigare intervjuer. Vid denna intervju ger han flera exempel på att gas kan komma från eller bildas av fasta ämnen och vätskor. Det kommer ånga från den fuktiga jorden, det brinnande papperet blir till gas och det kommer gas från stearinljuset. *"Det var ju nån gas i stearinet så sen så blir det ju en liten rök eller vad man kan säga. Sen försvinner det i rummet när man inte har glaset på. När man har glaset på så stannar det kvar där."* Man kan kanske tro att han menar att ljuset blir gas och då brinner men när jag frågar om gasen finns i ljuset svarar han *"Ja"*. Han återkommer även senare under samtalet till gasen i ljuset men då lägger han till att det bildas rök som går ut i luften. Detta återkommer han till när han ska förklara varför det brinnande ljuset blir mindre och mindre. *"Det blir ju nån gas, som försvinner ut här i rummet."* Detta är då ett exempel på en förflyttning enligt Anderssons (1990) kategorisering av transformationer av materia.

Vid fjärde intervjun använder Glen sitt molekylbegrepp både spontant och i samtal med mig, när han talar om gaser. Han säger att allting är uppbyggt av molekyler och att de kolliderar i luften, men detta är inte de förklaringarna han använder. I samband med bensinen som brinner har han en intressant diskussion: *"Den kommer att slockna. Nej- jo kanske - jag tror inte att den kommer slockna. Den får inget syre men det kan va nåt i bensinen som liksom ger elden syre eftersom den brinner så bra."* Han vet, liksom under tidigare intervjuer, att det behövs syre men funderar över om syret måste finnas i luften eller om det kan finnas i bensinen. Detta tyder på att han nu funderar på vilken roll syre egentligen har. Nu tänker han på syre inte bara som syrgas utan som något ämne som kan finnas i ett fast ämne. När han beskriver hur regn bildas, talar han om att vattenångan som stiger kyls av och bildar små vattendroppar. Gasbildning, t ex när magnesiumbandet läggs i citronsyralösningen, beskrivs som att gasen, liksom koldioxid, går upp och försvinner ut i luften. När bensin brinner bildas ingen aska – *"den bara försvinner"*.

## 11 Kemisk reaktion

Vid flera av de situationer vi diskuterar under intervjuerna sker kemiska reaktioner. En förklaring av kemisk reaktion på molekyl- och atomnivå innebär, att man beskriver reaktionen som att atomer omfördelas. Detta innebär att nya ämnen bildas. Man kan också beskriva kemiska reaktioner genom att tala om vad som sker på makronivå. En svårighet som många elever har är att de inte ser den växelverkan som sker när två ämnen reagerar utan de fokuserar på det som händer med det ena ämnet. Sönderdelningsreaktioner är då lättare att förklara eftersom man bara har ett enda ämne som försvinner och minst två nya ämnen som bildas.

Jag väljer att studera hur eleverna talar om vardagsfenomen där kemiska reaktioner sker. Jag gör detta med perspektivet, att jag vill se hur deras sätt att tala om reaktionerna vid samtal med mig, utvecklas. Vi talar om papper som brinner, brystabletter som reagerar med vatten, en rostig järnbit och andra fenomen där reaktioner sker eller har skett. Jag följer upp elevernas svar med nya frågor och eleverna uppmanas att förklara mer ingående eller att belysa problemen från nya infallsvinklar. Jag frågar dem inte om det sker någon kemisk reaktion eller vad en kemisk reaktion innebär.

Nedan finns några exempel på hur Liv respektive Nils talar om några kemiska reaktioner vid intervjuerna. Utdragen är här plockade ur sina sammanhang. Trots detta kan elevernas beskrivningar av situationerna ge nyttig information om deras kunskaper om vad som sker vid kemiska reaktioner.

Intervju 1 (stearinljus):

*Liv: För att det inte får nåt luft och då kan den inte liksom bli så hög utan blir lågare och lågare.*

Intervju 2 (bensin som brinner):

*Jag: Var kommer vattnet ifrån?*

*Liv: Bensinen eller från elden. Det kanske går upp i elden och den blir så där lång först så kanske det kommer upp där uppe eller så blir det ånga.*

Intervju 2 (brustablett i vatten):

*Jag: Varför blir det tyngre?*

*Liv: Först går den ju in och så fylls den kanske med vatten och sen så smälter den bort, men då nåt sånt där att det blir mer vikt.*

Intervju 3 (stearinljus som brinner):

*Det försvinner bara (finns ingen annan stans).*

*För att – jag vet inte – men jag tror att den behöver luft för att den ska brinna.*

Intervju 4 (bensin som brinner):

*Den slocknar. Det får inte luft (bensin).*

Intervju 4 (magnesiumband i citronsyralösning):

*Liv: Det kommer bubblor på den. Upp mot ytan.*

*Jag: Var kommer de ifrån?*

*Liv: Från den citronsyran.*

*Jag: Vad händer med magnesiumbiten?*

*Liv: Ja den blir mer silveraktig.*

I första, tredje och fjärde intervjun talar Liv om att det som brinner behöver syre, men det finns ingenting i beskrivningarna om vad som sker med syret och det som brinner. I andra intervjun säger hon att vatten bildas av bensin i elden. Många elever talar om elden eller lågan men ofta är det oklart vad som sker i elden. Hon talar om reaktionen mellan brustabletten och vattnet som en upplösning av tablett i vattnet. Vid fjärde intervjun talar hon om att gasbubblorna, som bildas när magnesium reagerar med citronsyra, kommer från citronsyran. Samtidigt säger hon att ”*magnesiumbiten blir silveraktig*”, men hon säger ingenting om sambandet mellan gasbubblorna och den silveraktiga magnesiumbiten.

Nils talar också vid första intervjun om att luft behövs och sedan att luften dras in vid den tredje. Det kan antingen tolkas som att bensinen andas in luft eller som en växelverkan mellan syre och bensin.

Intervju 1 (brinnande stearinljus):

*Nils: Det är vattenånga.*

*Jag: Var kommer vattenångan ifrån?*

*Nils: Från stearinen.*

Intervju 2 (bensin som brinner):

*Nils: Elden behöver syre.*

--

*Nils: Det börjar pysa och så blir den prickig (bensin).*

Intervju 3 (brinnande stearinljus):

*Nils: Den dras in – luften dras in.*

--

*Nils: Sen tar den slut. Den försvinner på nåt sätt (stearinljus).*

Intervju 4 (bensin som brinner):

*Nils: Det (vattnet) bildas när bensin brinner.*

Nils säger vid första intervjun, att vattenångan som bildas när stearinljuset brinner kommer från stearinen. I fjärde intervjun säger han att vatten bildas då bensin brinner. I fjärde intervjun talar han också om att citronsyran påverkar magnesiumbandet. Han talar vid flera intervjuer om att något nytt bildas, vilket kan tolkas som en viss nivå på förståelsen av kemisk reaktion på makronivån.

## 11.1 Nyckelidéer för arbetet med kemisk reaktion

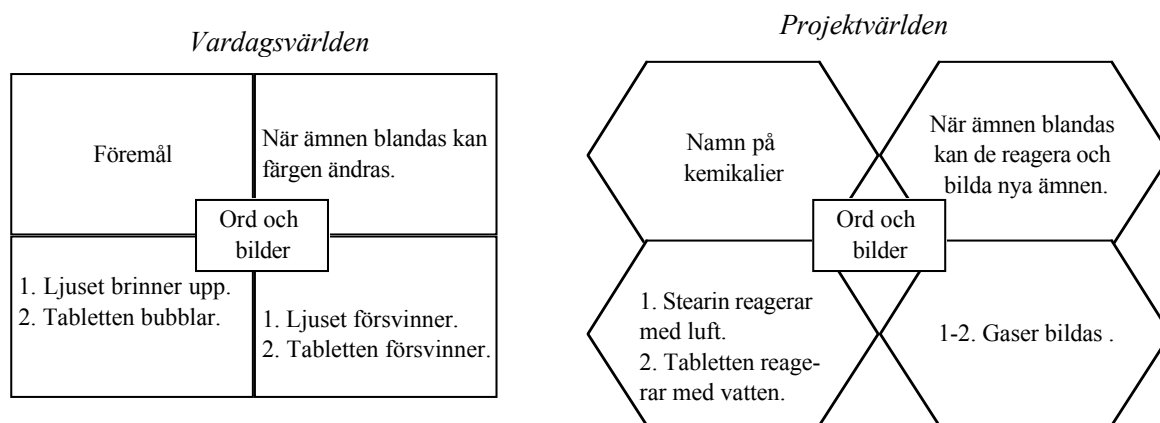
Under lektionerna har eleverna kommit i kontakt med situationer där kemiska reaktioner sker. Nyckelidéer om kemiska reaktioner redovisas i tabell 48. I kapitel 3 rapporteras om många studier av elevers förståelse av det som sker vid kemiska reaktioner, vilka visar att detta begrepp är svårt. Jag väljer därför att inte introducera begreppet kemisk reaktion förrän i den tredje undervisningssekvensen, då vi talar om begreppet ”att reagera”. Vid de första undervisningssekvenserna gör vi laborationer där vi blandar olika par av ämnen, vilket ibland leder till färgändringar eller gasutveckling. Vid den tredje sekvensen introduceras begreppet ”reagera med” i anslutning till att vi studerar det som sker då stålull läggs i kopparsulfatlösning. Vid denna reaktion ändras både lösning och stålull färg, och lösningen blir varmare. Den efterföljande diskussionen introducerar nästa uppgift, där eleverna får undersöka om de ämnen som blandas reagerar. Under projekt har inga sönderdelningsreaktioner studerats.



Tabell 48 Nyckelidéer i lektionerna om kemiska reaktioner.

U1 – nyckelidéer	U2 – nyckelidéer	U3 – nyckelidéer
Ämnen som blandas kan ändra färg.	Ämnen som blandas kan ge upphov till färgförändringar. Att avgöra om det bildas ett nytt ämne. Vatten bildas då ett ljus brinner.	”Reagera med” introduceras. Olika tecken på att ämnen reagerar. Skillnaden mellan reaktion och inte reaktion.

I den analys som jag gör av hur eleverna talar om fenomenen studerar jag om det finns något tecken på växelverkan mellan ämnen. De kanske talar om att det bildas nya ämnen eller om växelverkan mellan ämnen. De situationer som studeras är vid första och tredje intervjun brinnande papper och brinnande stearinljus. Vid andra intervjun talar vi om en järnbit som rostar, bensen som brinner och det som sker när en brustablett reagerar med vatten. Vid den fjärde intervjun återkommer den brinnande bensen, och dessutom talar vi om det som sker, när man lägger en bit magnesiumband i en citronsyralösning.



Figur 38 Le Maréchal-schema för kemisk reaktion.

I figur 38 jämförs arbetet med kemiska reaktioner i projektet med hur vi talar om kemiska reaktioner i vardagsvärlden. När vi studerar vissa vardagsfenomen, ser vi olika tecken på att en kemisk reaktion sker. Vi ser t ex att det som brinner går upp i rök, att metaller korroderar, att komposter minskar i storlek, att träd växer, att maten vi tillreder förändras, att hår växer, att värme sprider sig från en brasa eller att en brustablett bubblar i vattnet. Många kemiska reaktioner sker långsamt och är inte så enkla att följa. Inom projektet har vi studerat olika exempel på reaktioner som sker snabbt. Det är dels reaktioner där vi får en kraftig ändring av färgen, dels reaktioner där gas utvecklas i vatten eller bildas då något brinner. Vid några reaktioner ändras också temperaturen. I alla exempel är det fråga om reaktioner mellan två olika ämnen, eftersom det då är lättare att diskutera växelverkan mellan ämnena. I början av projektet är det centralt, att man kan se att det är något nytt som bildas. Under senare delen av projektet införs begreppet ”reagera med”. Jag studerar då också hur man beskriver tecken på att ämnen reagerar. Vid intervjuerna diskuterar vi andra exempel på kemisk reaktion än dem vi talat om vid lektionerna.

## 11.2 Kategorisering av elevernas beskrivningar av kemiska reaktioner

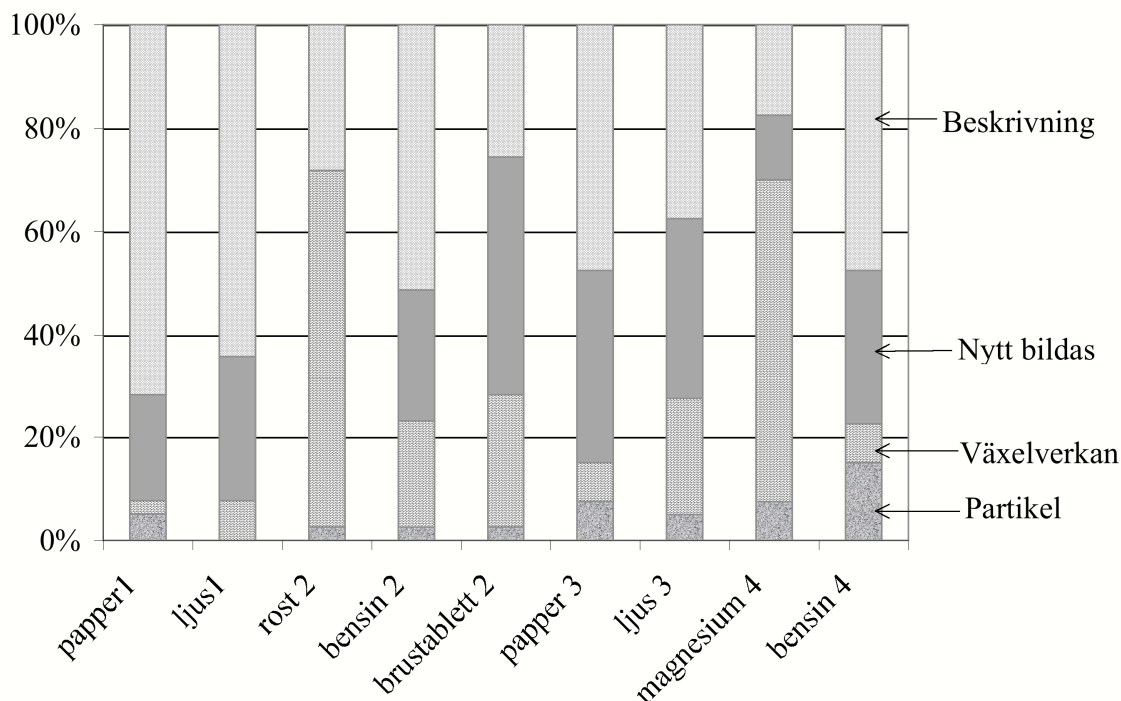
Eleverna kategoriseras med den högsta kategorinivån de når i samtal med mig under de olika situationerna. Kategorisystemet är en modifiering av Anderssons (1990) kategorisystem. Jag har två nivåer för tecken på kemisk reaktion: *nytt bildas* respektive *växelverkan*. Med växelverkan menar jag att minst ett av ämnena påverkar det andra ämnet. Jag kräver inte att det ska vara en ömsesidig växelverkan för att uttalandet ska tilldelas kategorin *växelverkan*. Dessa tillägg gör jag med utgångspunkt från utformningen av arbetet med kemisk reaktion och från de elevsvar jag har. Om eleverna säger att ljuset slocknar för att det inte får luft, utan att tala om växelverkan mellan syre och det som brinner, tilldelas de kategorin *beskrivning* och inte kategorin *växelverkan*. Kategorin *växelverkan* har i mitt kategorisystem en högre kvalitet än *nytt bildas*. De som tilldelas *växelverkan* förklarar också det som sker, ofta att ett nytt ämne bildas. De som tilldelas *nytt bildas* beskriver inte bara det som sker utan de talar också om att något nytt bildas men säger ingenting om varför det bildas. I kategorin *beskrivning* ingår konkreta beskrivningar av det som sker och beskrivningar som innebär fysikaliska förändringar. Som framgår av mina nyckelbegrepp och beskrivningen av projektvärlden så prioriteras att eleverna ska observera och beskriva fenomen som innebär kemisk reaktion. Kopplingen till begreppet kemisk reaktion och till det som sker på partikelnivå vid reaktioner prioriteras inte.. Kategorisystemet beskrivs och exemplifieras i tabell 49. I de tre högsta kategorierna tas endast med de beskrivningar som gäller kemiska reaktioner. En beskrivning av växelverkan mellan vatten och socker som löses i vatten tilldelas därför kategorin *beskrivning* enligt denna kategorisering.

Tabell 49 Kategorier för elevens sätt att tala om kemiska reaktioner.

Kategori	Beskrivning	Exempel
Beskrivning	Eleven beskriver det som sker, men talar inte om varför det sker i termer av växelverkan. Eleven beskriver en fasändring eller annan fysikalisk förändring	<i>Ebba I2: Bensin består ju lite av vatten. Så när man eldar upp ämnena i bensinen så finns det alltid vatten kvar eftersom vatten inte kan brinna.</i> <i>Alma II: Det kanske finns lite vatten i stearinet. När man stöper det så måste man ha vattenbad.</i>
Nytt bildas	Eleven talar om att något nytt bildas eller att ett av ämnena sönderdelas.	<i>Alma I4: Elden använder det till att brinna. Sen så kommer det ut koldioxid i stället (bensin).</i> <i>Jag: Vad händer då när stearinen brinner?</i> <i>Elof I3: Jag vet inte men det blir väl till en ånga eller nåt sånt.</i>
Växelverkan	Eleven talar om att det sker en växelverkan där minst ett av ämnena påverkar det andra.	<i>Maja I3: Då kommer ljuset att slockna. Då får ljuset ingen luft och då kan det inte brinna mer.</i> <i>Disa I2: Kanske är en grej som inte tål mycket vatten så står den ute så blir den rostig (rostig järnplåt).</i> <i>Disa I2: Det är väl vattnet som kommer på tabletten och den klarar inte av vattnet så den fräter. Då väger det inte lika mycket för det fanns väl grejerna blir mindre (tabletten blir mindre).</i>

Kategori	Beskrivning	Exempel
Partikel-förklaring	Eleven använder en förklaring som involverar partiklar: att molekylerna, som reaktanterna består av, ger sig iväg eller att olika ämnens molekyler växelverkar	<p><i>Saga I4: Det finns ju lite syre kvar i burken</i></p> <p><i>Jag: Vad händer med det syret i burken?</i></p> <p><i>Saga I4: Det försvinner. Det blir molekyler som åker upp i luften (bensin).</i></p> <p><i>Elis I2: Ja liksom det finns partiklar i plåten så när det kommer vatten på dem så blir det rost. Så kommer de upp på ytan (rostig järnplåt).</i></p> <p><i>Leif I4: Den finns inne i bensinen så när man tändar fyr på den så lösgörs det så molekylerna förstörs och den gasen inne i molekylerna går uppåt.</i></p>

I figur 39 finns en sammanställning över fördelningen mellan de olika kategorierna för eleverna i de situationer som analyserats.



Figur 39 Sammanställning över kategorisering av hur eleverna talar om fenomen som innebär en kemisk reaktion. Kategorier enligt tabell 49. Stapeln för "papper1" avser intervjun om det brinnande papperet vid första intervjun osv.

Fördelningen mellan olika kategorier varierar mycket i de olika situationerna som diskuteras och vid de olika intervjuerna. Det är fler elever som har kategorin *beskrivning* som sin högsta nivå i början av studien än i slutet. Det är också fler med denna kategori för intervjuerna om brinnande papper än för övriga situationer. Det är bara några få elever som under intervjuerna talar om mikropartiklars roll vid kemiska reaktioner. Detta har inte prioriterats under studien. Det är däremot många som talar om företeelser som innebär att kemiska reaktioner sker på makronivåer både i form av växelverkan mellan ämnen, sönderdelning av ämnen och att nya ämnen bildas. Detta har varit en utgångspunkt under lektionerna för diskussioner av experiment då ämnen blandats.

Fördelningen mellan de olika kategorierna tycks enligt figur 39 vara starkt beroende av den situation som beskrivs. I tabell 50-54 redovisas därför kategoriseringen av elevernas beskrivningar av fenomen som innebär kemiska reaktioner parvis. Jag väljer dels samma situation vid intervjuer med ett års mellanrum och dels situationer under studien, som jag tycker påminner om varandra. Kategorier enligt tabell 49.

Tabell 50 Kategorisering av elevernas beskrivningar av vad som händer när papper brinner. Jämförelse mellan första och tredje intervjun.

		<b>Papper I3</b>				
<b>Papper I1</b>		Beskrivning	Nytt bildas	Växelvekan	Partikel	
	Beskrivning	15	10	2	1	<b>28</b>
	Nytt bildas	2	5		1	<b>8</b>
	Växelvekan		1			<b>1</b>
	Partikel	1		1		<b>2</b>
		<b>18</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>39</b>

Det sker en förskjutning mot högre kategorier, speciellt att något nytt bildas, i den senare intervjun. Cirka en tredjedel av eleverna har högre kategori vid den senare intervjun. Hälften av dem har samma kategori vid båda intervjuerna.

Tabell 51 Kategorisering av elevernas beskrivningar av vad som händer när ett ljus brinner. Jämförelse mellan första och tredje intervjun.

		<b>Ljus I3</b>				
<b>Ljus I1</b>		Beskrivning	Nytt bildas	Växelvekan	Partikel	
	Beskrivning	11	7	5	2	<b>25</b>
	Nytt bildas	3	6	1	1	<b>11</b>
	Växelvekan		1	2		<b>3</b>
	Partikel					<b>0</b>
		<b>14</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>39</b>

Tabell 52 Kategorisering av elevernas beskrivningar av vad som händer när bensin brinner. Jämförelse mellan andra och fjärde intervjun.

		<b>Bensin I4</b>				
<b>Bensin I2</b>		Beskrivning	Nytt bildas	Växelvekan	Partikel	
	Beskrivning	9	8	1	2	<b>20</b>
	Nytt bildas	5	2		3	<b>10</b>
	Växelvekan	4	2	1	1	<b>8</b>
	Partikel			1		<b>1</b>
		<b>18</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>39</b>

Det finns större likheter beträffande utvecklingen av elevernas sätt att beskriva ljuset som brinner och papperet som brinner än bensinen som brinner.

I tabell 53 jämförs de båda situationer där gas utvecklas och då ser man skillnader i kategoriseringen. Det är bara tio elever som har samma kategori vid båda tillfällena och fler än hälften av dem har högre kategorier vid den senare intervjun. Många av skillnaderna innebär att eleverna har förståelsen på makronivå men har talat om att något nytt bildas vid andra intervjun och växelvekan vid fjärde intervjun.

Tabell 53 Kategorisering av elevernas beskrivningar av vad som händer när en brustablett läggs i vatten och när ett magnesiumband läggs i citronsyralösning. Jämförelse mellan andra och fjärde intervjun.

		<b>Magnesium i citronsyralösning I4</b>				
<b>Brustablett I2</b>		Beskrivning	Nytt bildas	Växelverkan	Partikel	
	Beskrivning	3	3	4		<b>10</b>
	Nytt bildas	2	1	13	2	<b>18</b>
	Växelverkan	2	1	6	1	<b>10</b>
	Partikel			1		<b>1</b>
		<b>7</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>39</b>

Tabell 54 Kategorisering av elevernas beskrivningar av vad som händer när ett ljus brinner vid första intervjun och när bensin brinner vid fjärde intervjun. Jämförelse mellan första och fjärde intervjun.

		<b>Bensin I4</b>				
<b>Ljus I1</b>		Beskrivning	Nytt bildas	Växelverkan	Partikel	
	Beskrivning	9	9	2	5	<b>25</b>
	Nytt bildas	9	2			<b>11</b>
	Växelverkan	1	1	1		<b>3</b>
	Partikel					
		<b>19</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>39</b>

I tabell 54 jämförs kategoriseringen av elevernas beskrivningar av det brinnande ljuset vid första intervjun och av den brinnande bensinen vid den fjärde intervjun. Det är en liten ökning av de högre kategorierna i den senare intervjun.

### Sammanfattning

I projektet inriktar jag mig på förståelsen av kemisk reaktion på makronivå. Det är inte viktigt för mig att införa och definiera begreppet kemisk reaktion på ett tidigt stadium. Jag väljer också att inte betona mikropartiklarnas roll i förklaringar av det som sker. Några elever talar dock om molekyler och vad som händer med dem, utan att jag uppmanar dem att göra det. Detta händer speciellt vid den senaste intervjun och i vissa situationerna. På makronivån har flertalet av eleverna då en förståelse av kemisk reaktion som växelverkan mellan ämnen. Många talar om att nya ämnen bildas och att ett av ämnena sönderdelas. Detta syns inte i redovisningen, eftersom de då också ofta talar om växelverkan. I analysen studerar jag hur eleverna talar om kemiska reaktioner under hela intervjun, alltså även efter den påverkan som mina följdfrågor innebär. Påverkan innebär inte att jag frågar om kemisk reaktion, utan att jag ber dem förtydliga det de sagt. Det sker speciellt då jag ber dem förklara var de nya ämnen de talar om kommer ifrån. När jag använder denna utgångspunkt för analysen tycks nivån i elevernas förklaringar vara mycket situationsbunden. Det finns ingen klar utvecklingslinje från intervju till intervju. Brinnande bensin tycks stimulera eleverna att tala om kemiska reaktioner med högre kvalitet än andra situationer vi talat om. Exemplena med den rostiga järnbiten och med magnesiumbiten i citronsyralösning inbjuder till att tala om växelverkan mellan ämnen mer än de andra situationerna som diskuteras. Eleverna vet att järn rostar mycket då det ligger ute i fuktig luft. Då kan man kanske anta att något sker med järnbiten, där vattnet är aktivt. De använder verb som "tål inte" och "fräter". Magnesiumbiten löses upp, och eftersom det är ett hårt ämne, så måste det påverkas av vattnet. Brustabletten är mer porös och då kanske man tänker, att den löses upp och ser det som en fysikalisk förändring.

## 12 Förbränning

Förbränningen är en kemisk reaktion mellan syre och ett annat ämne, där det bildas bl a gasformiga förbränningsprodukter. Alla elever har erfarenheter av förbränning i någon form. Syrets eller luftens roll är en viktig komponent, när man förklarar det som sker när något brinner. De ämnen som bildas då något brinner kan vara både osynliga gaser, aska och förkollnade delar. Jag koncentrerar mig i diskussionerna med eleverna på de osynliga förbränningsprodukterna. Den osynliga vattenången som bildas blir synlig, då den kondenseras mot väggen på en glasburk som sätts över en brinnande låga. Det som sker när ett ämne brinner kan diskuteras på ett makroskopiskt plan t ex askan som bildas, andra synliga förbränningsprodukter eller vilka ämnen som kan brinna.

Vid alla intervjuerna finns en situation där vi diskuterar vad som händer när något brinner. Eleverna får först tala om vad de tror ska hända, och därefter diskuteras det som händer när vi tänds eld på t ex en bit papper. Vid första och tredje intervjun börjar vi med att samtala om en bit papper, som vi tänds eld på, och därefter om ett brinnande stearinljus. Vid andra och fjärde intervjun handlar det om brinnande bensin. Eleverna talar om syrets roll, var vattnet som bildas kommer ifrån och om askan som ibland bildas.

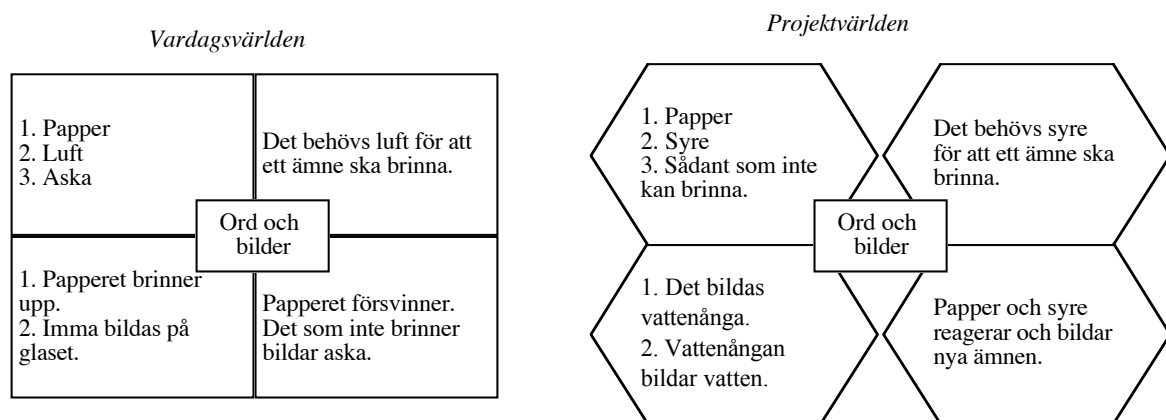
### 12.1 Nyckelidéer

I tabell 55 beskrivs några nyckelidéer för undervisningen som är relevanta för förståelsen av förbränning.

Tabell 55 Nyckelidéer för undervisningssekvenserna om vad som händer när något brinner.

Undervisningssekvens 1	Undervisningssekvens 2	Undervisningssekvens 3
Vattenånga är vatten som gas.	Ett brinnande ljus måste ha luft. Vattenånga bildas då ett ljus brinner.	Begreppet reagera med introduceras. Nya ämnen bildas då ämnen reagerar.

De viktigaste skillnaderna mellan vardagsvärlden och projektvärlden, när det gäller förbränning redovisas i figur 40 i form av ett Le Maréchal-schema.



Figur 40 Le Maréchal-schema för förbränning.

Lärarna i klasserna har tidigare gjort experiment med ett brinnande ljus som man satte en glasburk över. Under lektionerna arbetar vi inte specifikt med förbränning, utan jag vill i första hand studera vilka effekter introduktionen av det enkla partikelbegreppet kan ha på elevernas förklaringar på makronivån. Under de två första lektionsserierna med enkla experiment studerar vi dessutom växelverkan mellan ämnen, och att det då kan bildas nya ämnen. Med växelverkan i detta fall menar jag att ett av ämnena påverkar det andra när två ämnen kommer i kontakt med varandra. Vid den tredje lektionsserien införes begreppet ”reagera med”, och vi studerar hur man kan observera att ämnen reagerar.

## 12.2 Analys av förståelsen av syrets roll när något brinner

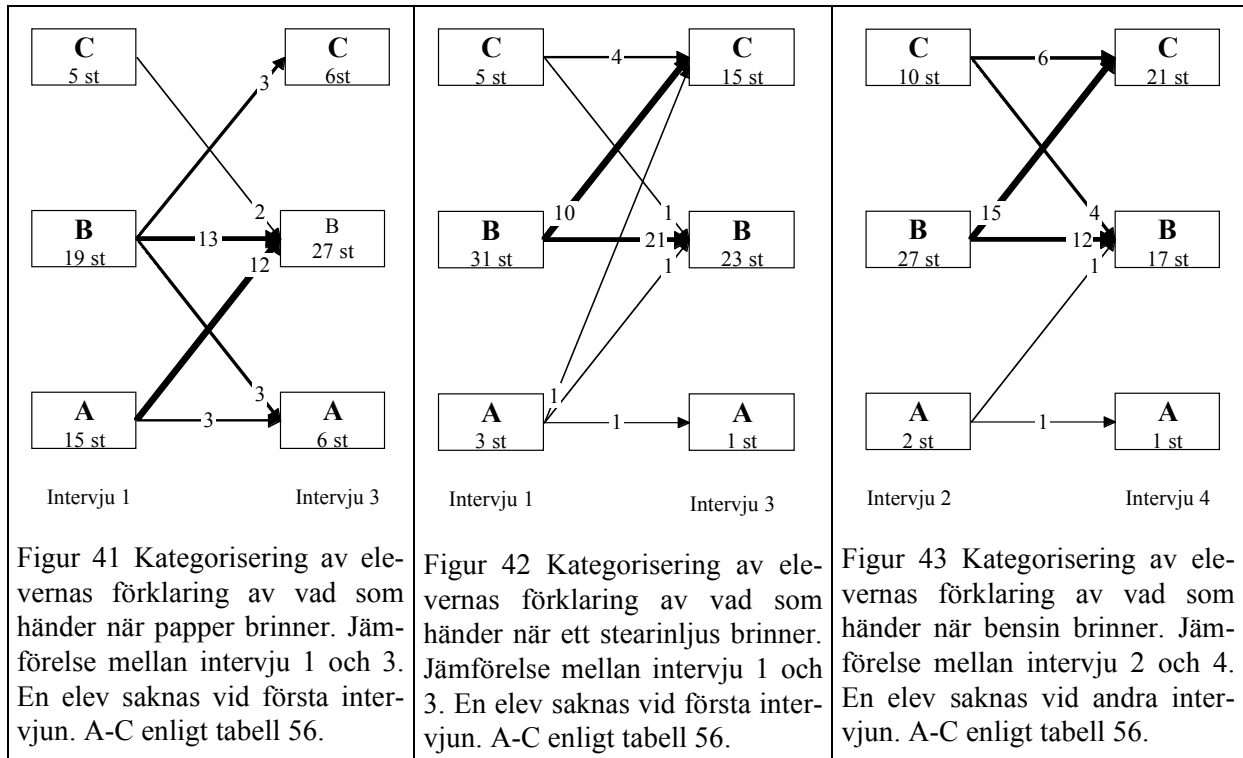
Analysen av förbränningssituationerna bygger framför allt på elevernas förklaringar på makronivån, d v s hur de beskriver syrets roll, var imman kommer ifrån, om det blir aska m m. I analysen används hela intervjun, alltså även elevernas svar efter att jag ställt följdfrågor till dem. Jag ställer däremot inga följdfrågor som syftar till att eleverna ska använda ett partikel-tänkande. Elevernas förklaringar till syrets roll kategoriseras i tre grupper: *A/ingenting om att syre eller luft behövs*, *B/syre eller luft behövs* och *C/det sker en växelverkan mellan luft eller syre och ämnet som brinner*. Dessa kategorier bygger på min analys av hur eleverna talar om brinnande ämnen vid intervjuerna och på min genomgång av forskning om barns föreställningar om förbränning i kapitel 3 (Andersson et al., 1993b; Meheut et al., 1985; Schollum & Happs, 1982)

Jag redovisar först kategoriseringen i dessa tre grupper och gör därefter en mera detaljerad kategorisering av elevernas svar på mina frågor. I tabell 56 beskrivs de tre kategorierna. *Växelverkan* innebär en högre kvalitet eftersom denna kategori innebär att eleverna talar om att syre eller luft behövs men också att de talar om att syret kommer i kontakt med det som brinner. Dessutom beskrivs hur syret påverkar det som brinner eller tvärtom.

Tabell 56 Beskrivning av kategorierna som används vid analys av beskrivningar av det som händer när något brinner.

	Kategori	Beskrivning	Exempel
A	Syrets/luftens roll nämns ej	Eleven säger inte att det behövs luft när ämnet brinner.	<i>Alf 12: Den släcktes.</i> <i>Alf 12: Det .... det finns vatten där inne.</i>
B	Syre eller luft behövs	Eleven säger att det behövs luft eller syre när ämnet brinner.	<i>Alma 11: Luft annars kan inte ljuset brinna.</i> <i>Ebba 11: Det behövs luft, syre – bränsle och vatten, nej inte vatten, och värme – syre, bränsle och värme.</i>
C	Växelverkan	Eleven säger att ämnet som brinner på något sätt växelverkar med luft eller med lågan. Växelverkan innebär här att syret kommer i kontakt med och påverkar det som brinner.	<i>Ove 13: Sätter man ner den så här så dröjer det ett slag innan det slocknar. Luften börjar ta slut. Du ser att lågan sjunker nu. Ljuset tar hand om luften. Det förvandlas till koldioxid.</i>

I figur 41– 43 jämförs kategoriseringen av elevernas beskrivningar av vad som händer när ett stearinljus, papper respektive bensin brinner vid de två intervjuer, där detta diskuteras. A, B och C är kategorier enligt tabell 56.



Redan vid de två första intervjuerna tycks det vara klart för nästan alla, att stearinljus och bensin behöver luft för att de ska kunna brinna. Femton elever är dock inte lika klara över att ett papper som brinner behöver luft. De säger ofta att det räcker med en tändsticka som tänder eld på papperet. När vi talar om brinnande föremål i olika situationer, så kommer allt fler av eleverna till en bättre förståelse av syrets roll vid förbränning. Man ser likheter i elevernas beskrivningar av det som sker när olika föremål brinner.

Huvuddelen av eleverna talar vid de båda inledande intervjuerna om att syre eller luft behövs utan att tala om växelverkan mellan syre och det brinnande ämnet. Alla elever, som talar om syrets roll i samband med det brinnande papperet, gör det även när de talar om brinnande ljus och bensin.

Det är endast enstaka elever som inte talar om syrets roll vid de senare intervjuerna. Det är många fler elever som talar om växelverkan med syret när det gäller brinnande bensin och stearinljus vid de båda avslutande intervjuerna. Vid den fjärde intervjun talar mer än hälften av eleverna om växelverkan, när det gäller brinnande bensin, mot en fjärdedel vid andra intervjun. Tjugofem elever talar om växelverkan vid minst en av situationerna med brinnande ljus och brinnande bensin. Elva elever gör det vid de båda senare intervjuerna.

### 12.3 Analys av förståelsen av förbränningsprodukter när något brinner

Att ha kunskap om förbränningsprodukterna och hur de bildas är en viktig del av förståelsen av vad som sker när något brinner. Jag utformar underkategorier till de tidigare kategorierna för att få en bild av hur eleverna tänker om vad som bildas då ämnen brinner. Underkategorierna är olika beroende på vilket ämne som brinner. När bensin och stearinljus brinner bildas



imma på en glasburk som sätts över det som brinner. När papper brinner bildas aska. I de olika fallen finns det också olika möjligheter att beskriva växelverkan mellan det som brinner och luft eller syre. Många elever talar om att imman kommer från lågan eller ljuset. Andra säger att det behövs syre för att ljuset ska brinna osv.

Utdrag ur intervjuerna med Svea belyser elevernas svar och hur de kategoriseras enligt tabell 56. Underkategorier t ex A1 – se tabell 57-59.

Papper vid första intervjun (A1: Aska bildas)

*Svea: Det är väl värme som det inte papperet tåla. Är så stort från början kommer ju värmen att värma upp papperet så att det smälter, precis som om det smälter.*

*Jag: Var tar det sedan vägen?*

*Svea: Jag vet inte.*

*Jag: En del är som aska – försvinner det andra eller finns det kvar här någonstans.*

*Svea: Det finns nog kvar. Det är askan. Papperet har blivit aska.*

*Jag: Behövs det mer än papper och eld för att papper ska brinna?*

*Svea: Tändstickor eller två flintastenar eller ljus eller brasa, eller en veke.*

Ljus vid första intervjun (B4: Imman kommer från elden/röken)

*Jag: Om vi tar en bägare och sätter över ljuset vad händer med ljuset då?*

*Svea: Det kommer att slockna.*

*Jag: Varför det?*

*Svea: För att om man sätter det ovanpå där så blir det så tätt att man kväver elden.*

*Jag: Vad innebär det att man kväver elden?*

*Svea: Ja precis som om det inte får luft.*

*Jag: Men det finns ju luft i bägaren.*

*Svea: Men ...*

*Jag: Det behöver luft för att kunna brinna.*

*Svea: Ja.*

*Jag: Behöver papperet också luft för att brinna?*

*Svea: Nä.*

---

*Jag: Var kommer det vattnet ifrån?*

*Svea: Ljusets ånga precis som ånga nästan.*

*Jag: Ljusets ånga?*

*Svea: Ja röken.*

Bensin vid andra intervjun (C2: Imman bildas av bensin som brunnit)

*Jag: Sen så tänker jag tända eld på bensinen. Vad händer när bensinen brinner?*

*Svea: Nej – vet inte.*

*Jag: Vad händer om jag sätter en sån här liten skål över?*

*Svea: Då kväver man elden.*

*Jag: Vad innebär det att man kväver elden?*

*Svea: Det kommer ingen luft till där det ska brinna.*

*Jag: Det finns ju luft i den här bägaren den är ju rätt stor. Vad händer med den luften då?*

*Svea: Det blir ånga. Det kommer från när bensinen brinner så bildas det ånga och då ångan vill ju ut i luften så – nej jag kan inte.*

Papper vid tredje intervjun (B1: Aska bildas)

*Jag: Nu tittar vi på den här. Vi ska tända eld på ett papper. Vad händer när ett papper brinner?*

*Svea: Det blir aska. Papperet försvinner.*

*Jag: Vad innebär det att det försvinner? Finns det någonstans eller finns det inte?*

*Svea: Det är i askan.*

*Jag: Behövs det mer än tändsticka för att det ska brinna?*

*Svea: -*

Ljus vid tredje intervjun (B6: Imman kommer från stearinen)

*Jag: Vi ska ta och titta på det här ljuset också. Vi ska tända eld på det. Vad händer om vi sätter den här över?*

*Svea: Det slocknar. Den kväver den får inte luft.*

*Jag: Vet du vad det är i luften som elden behöver?*

*Svea: Kväve.*

*Jag: Behöver papperet också luft när det brinner?*

*Svea: Papperet med tror jag.*

*Jag: Slocknar ljuset med detsamma?*

*Svea: Kanske efter en liten stund. För att det har fått i sig luft (ljuset).*

---

*Jag: Var kommer den ifrån?*

*Svea: Ångan som kommer från ljuset.*

*Jag: Hur kan det komma ånga från ljuset?*

*Svea: När det brinner?*

Bensin vid fjärde intervjun (C2: Bildas av bensin som brunnit)

*Jag: Vi ska se vad som händer när bensin brinner.*

*Svea: Får jag hålla?*

*Jag: Vi ska ta bara några droppar bensin. Måste man doppa ner tändstickan i vätskan eller kan man hålla den över?*

*Svea: Ovanför.*

*Jag: Varför?*

*Svea: Bensin har väl nåt i sig.*

*Jag: Blir det aska när bensin brinner?*

*Svea: Nej. För att det inte är kol.*

*Jag: Om jag sätter den här burken över vad händer då?*

*Svea: Det kan slockna för att det kvävs.*

*Jag: Vad menar du med att det kvävs?*

*Svea: Elden får ingen luft.*

----

*Jag: Så blir det imma eller vatten här på väggarna. Var kommer det ifrån?*

*Svea: Ångan – från bensinen.*

*Jag: Finns det i bensinen eller bildas det när bensinen brinner?*

*Svea: När den brinner.*

I tabell 57-59 redovisas kategorier och underkategorier för elevernas beskrivningar av de exempel på förbränning som diskuteras vid intervjuerna.

Tabell 57 Brinnande papper – sammanställning av kategoriseringen av elevernas beskrivningar. En elev saknas vid första intervjun.

<b>Brinnande papper</b>	<b>Intervju 1</b>	<b>Intervju 3</b>
A: Nämner inte syre/luft	<b>15</b>	<b>6</b>
A1: Aska bildas	8	2
A2: Försvinner ut i luften	3	0
A3: Aska bildas och gas försvinner ut i luften	4	4
B: Talar om syre/luft	<b>19</b>	<b>28</b>
B1: Aska bildas	6	5
B2: Försvinner ut i luften	1	4
B3: Aska bildas och gas försvinner ut i luften	12	19
C: Växelverkan då imma bildas	<b>5</b>	<b>6</b>

Av dem som inte talar om syrets roll (A) vid tredje intervjun, talar de flesta både om att det bildas aska, och att en del av papperet försvinner ut i luften. Samma sak gäller dem som talar om syrets eller luftens roll (B) vid tredje intervjun.

Innan vi tänder eld på papperet, talar vi om, vart papperet som brinner tar vägen. Elevernas förklaringar till detta problem fördelar sig ganska lika mellan de tre kategorierna: in i askan, ut i luften och i röken från det brinnande papperet. Några elever har kombinationer av dessa svar. Andra elever skiljer mellan den synliga röken och de osynliga gaserna. Många av dem är medvetna om, att det inte bara är den synliga röken som bildas utan även osynliga gaser.

I tabell 58 redovisas resultatet av kategoriseringen av samtalen om det brinnande stearinljuset. I dessa finns flera olika förklaringar till var imman på glaset kommer ifrån.

Antalet elever, som beskriver det brinnande ljuset som en växelverkan, ökar vid tredje intervjun då mer än var tredje elev hänförs till C-kategorier. Även här har svaren högre kvalitet inom respektive huvudkategori vid den senare intervjun. Två tredjedelar av dem som talar om syrets och luftens roll (B) talar om att imman kommer från stearinen mot var femte vid första intervjun. Endast enstaka elever nämner inte syre eller luft vid de båda intervjuerna. I vissa fall är det oklart vad eleverna menar med att imman kommer från elden eller röken. Det skulle kunna vara en beskrivning av växelverkan, men det fortsatta samtalet visar inte detta. Det skulle också kunna vara en beskrivning av att stearinen kokar och brinner upp, men inte heller detta kommer fram klart under intervjuerna. Dessa elever bildar därför en egen underkategori.

Tabell 58 Brinnande stearinljus – sammanställning av kategorisering för elevernas beskrivningar. En elev saknas vid första intervjun.

<b>Brinnande stearinljus</b>	<b>Intervju 1</b>	<b>Intervju 3</b>
A: Nämner inte syre/luft	<b>3</b>	<b>1</b>
A1: Imman kommer från elden/röken	3	1
B: Talar om syre/luft och imman som bildas	<b>31</b>	<b>23</b>
B1: Imman bildas (utan motivering)	1	0
B2: Imman kommer från luften	7	2
B3: Imman bildas av att varm och kall luft möts	3	0
B4: Imman kommer från elden/röken	9	3
B5: Imman finns i stearinen som vatten	5	3
B6: Imman kommer från stearin	6	15
C: Växelvekan då imma bildas	<b>5</b>	<b>16</b>
C1: Växelvekan mellan syre och elden/lågan	2	4
C2: Bildas av stearin som har brunnit	2	5
C3: Bildas av stearin <u>och</u> syre/luft	1	7

Jag ber eleverna förklara vad som händer med stearinen som försvinner när ljuset brinner. Hälften av eleverna talar om gaser som försvinner från ljuset ut i luften. Några av dessa talar om vattenånga och koldioxid, medan andra bara säger att en gas försvinner. Ett par andra elever talar om att stearinen avdunstar. En fjärdedel av eleverna säger att stearinen smälter, och några menar att den blir mer kompakt. En elev talar om hål som brukar finnas i ljus, och att den smälta stearinen rinner ner i dessa. Ett par elever säger att ljuset brinner upp och ett par andra att de inte vet vart det tar vägen. En elev säger spontant, att molekyler försvinner från ljuset ut i luften.

I tabell 59 redovisas jämförelsen mellan de båda diskussioner vi har om brinnande bensen. Dessa båda intervjuer kommer efter både den inledande lektionsserien och den första intervjun. Båda dessa aktiviteter påverkar troligen svaren.

Antalet elever, som talar om den brinnande bensen som växelverkan, ökar från en fjärdedel av eleverna till hälften av dem mellan intervjuerna. Vid andra intervjun säger flera elever, att imman finns i bensen. Många av dem talar i den senare intervjun om växelverkan och några menar att imman kommer från röken eller lågan. Vid fjärde intervjun säger en stor del av eleverna, att ångan kommer från elden eller röken.

I samband med den brinnande bensen diskuterar vi om det bildas aska när bensen brinner. Ungefär en fjärdedel av eleverna säger vid andra intervjun, att de inte vet om det bildas aska. Några tror att det blir sot på skålen. Andra elever säger att bensen brinner upp och försvinner ut i luften som gas, så därför bildas ingen aska. Ungefär sex av tio elever motiverar vid båda intervjuerna att det inte bildas aska med att bensen är flytande. De säger att det bara är fasta eller hårda ämnen som det blir aska av. Jag tror att eftersom askan är ett fast ämne, tror eleverna att det som ska bilda aska också måste vara ett fast ämne.

Tabell 59 Brinnande bensin – sammanställning av kategori för elevernas beskrivningar. En elev saknas vid andra intervjun.

<b>Brinnande bensin</b>	<b>Intervju 2</b>	<b>Intervju 4</b>
A: Nämner inte syre/luft	<b>2</b>	<b>1</b>
A1: Imma från röken	2	1
B: Talar om syre/luft och imma	<b>27</b>	<b>18</b>
B1: Bildas imma utan motivering	0	1
B2: Imman kommer från luft	1	0
B3: Imman bildas av att varm och kalla luft möts	2	0
B4: Imman finns i bensin	11	5
B5: Imman kommer från elden/röken	7	12
B6: Imman kommer från bensin	6	0
C: Växelverkan då imma bildas	<b>10</b>	<b>21</b>
C1: Växelverkan mellan syre och elden	1	7
C2: Bildats av bensin som har brunnit/m m	9	14

#### Sammanfattning

Elevernas förklaringar av det som sker när papper, stearinljus och bensin brinner ger en bild av hur eleverna utvecklar sitt sätt att tala om makroskopiska fenomen i samband med förbränning. När man jämför beskrivningarna av samma förbränningsprocesser från intervjuer med ett års mellanrum ser man, att elevernas förklaringar i de olika situationerna ökar i kvalitet. Vi har inte arbetat speciellt med föremål som brinner vid lektionerna utan med olika övningar om materiens förändringar. Trots detta förklarar eleverna även syrets roll och det som bildas vid förbränning på allt bättre sätt.

## 13 Vattnets kretslopp

Vattnets kretslopp är centralt i förståelsen av villkoren för liv på jorden. I detta kretslopp är vattnets avdunstning och vattenångans kondensation viktiga. Elever vet ofta att vatten kokar vid 100°C och säger gärna, att vattnet avdunstar när det blir varmt. Osynlig vattenånga i luften som kondenseras och små vattendroppar som bildar imma på en glasruta, är en förändring av vatten som elever känner till. Vi kan använda kunskaper i naturvetenskap för att förklara dessa företeelser.

Vid alla intervjuerna finns en situation där vi diskuterar fasändringar av vatten. Vid introduktionen får eleverna på ett papper beskriva hur det blir regn. Vid första och tredje intervjun diskuteras vad som händer i en sluten glasburk med jord, där vattenånga avdunstar från den fuktiga jorden. Vattenångan kondenseras sedan till imma på väggarna i burken. Vid den andra intervjun diskuteras vad som händer med vatten som finns på diskbänken på kvällen men som sedan är borta på morgonen. Regnproblemet kommer tillbaka vid fjärde intervjun, då denna frågeställning är en av de situationer som diskuteras.

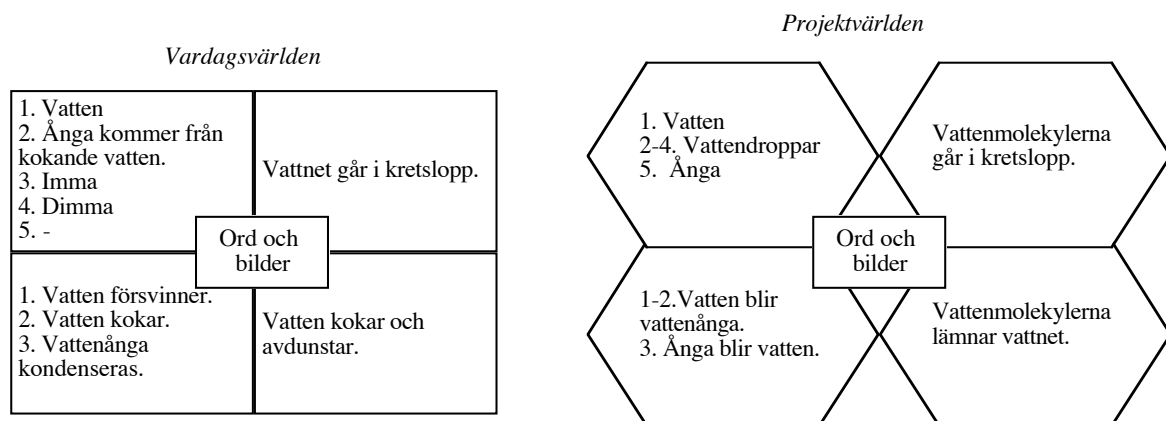
### 13.1 Nyckelidéer

I tabell 60 finns de nyckelidéer vid lektionerna som är av betydelse för fasövergångar hos vatten.

Tabell 60 Nyckelidéer om vattnets faser och fasändringar i undervisningssekvenserna.

Undervisningssekvens 1	Undervisningssekvens 2	Undervisningssekvens 3
Ett ämne kan vara fast ämne, vätska eller en gas. Vatten kan omvandlas mellan olika faser.	Ett ämne kan vara fast ämne, vätska eller en gas. Vatten kan omvandlas mellan olika faser. Exempel på vatten i olika form. Kolsyresnö kan bli gas.	Ett ämne kan vara fast ämne, vätska eller en gas. Vatten kan omvandlas mellan olika faser. Exempel på vatten i olika form. En öppen burk med vatten blir lättare, när vattnet avdunstar. Vattenmolekyler lämnar burken.

I figur 44 beskriver jag begreppet vattnets fasändringar i ett Le Maréchal-schema. Jag utgår från vatten som avdunstar.



Figur 44 Le Maréchal-schema för vattnets fasändringar.

Vid introduktionen av molekylbegreppet används vatten i olika tillståndsformer som exempel för att beskriva vad som händer på partikelnivån vid fasövergångar. Jag återkommer till andra exempel på avdunstning under kommande lektioner. Då beskrivs bl a, att molekylerna lämnar vätskan vid avdunstning. På detta sätt används molekylbegreppet för att beskriva fasändringar. Vi talar också om fasövergångar som makroskopiska fenomen, t ex att vatten avdunstar från en skål med vatten. Det som händer när kolsyresnön blir gas används för att visa, att ett fast ämne kan bli en gas.

### 13.2 Elevernas beskrivningar av övergångar mellan vatten och vattenånga

I exemplet med regnet finns vattnets totala kretslopp i naturen med. Exemplet innehåller två olika fasövergångar med vatten. Vattenånga avdunstar från marken eller vattendragen, och vattenånga blir vattendroppar i molnen. I förklaringar till regnet är också molnbildningen en central del av förståelsen. Jag väljer därför att separera analysen av hur eleverna förklarar regnets uppkomst från deras beskrivningar av den slutna burken och vattnet på diskbänken. Vid dessa tillfällen har eleverna enklare och mer överskådliga situationer att förklara.

I analysen av den slutna burken och vattnet på diskbänken använder jag en modifiering av den analysmetod som Andersson (1990) beskriver. I båda dessa situationer fokuseras elevernas beskrivningar av avdunstningen. I tabell 61 beskrivs kategorierna som belyses med exempel på elevsvar.

Tabell 61 Kategorier som används vid analys av elevernas beskrivningar av övergångar mellan vatten och vattenånga.

	Kategori	Beskrivning	Exempel
A	Försvinner	Vattnet försvinner	
B	Förbjuden	Förbjudna transformationer används.	<i>Jane 11: Det är fukt. Det är luften i burken som har blivit ånga.</i> <i>Leo 13: Jorden har avdunstat luft och så har det blivit imma.</i>
C	Förflyttning	Vattnet kommer från jorden till glasburkens vägg utan något om vad som händer.	<i>Anja 13: Det har blivit vått där.</i> <i>Jag: Var kommer det ifrån?</i> <i>Anja 13: Jorden.</i>
D	Tecken på modifiering	Något av kraven för modifiering (E) saknas.	<i>Gun 11: Luften stängs inne och då blir det varmt. Sen blir det ånga och ånga är gjort av vatten. Vattendroppar och då blir det vatten inne i burken.</i> --- <i>Mona 12: Det torkar. Då så när det torkar så blir det till vattenånga. Och åker upp nånstans.</i>
E	Modifiering	Fasändringen beskrivs som avdunstning där gas bildas och att denna gas finns i luften.	<i>Lea 12: Vattnet avdunstar. Det åker upp i luften.</i> <i>Lea 12: Det blir ånga – det blir pyttesmå vattendroppar som åker upp i luften.</i>

Jag har gjort en gemensam kategori av transmuteringen och kemisk reaktion, och jag benämner denna kategori *förbjuden*. De elever, som talar om avdunstning som en kemisk reaktion, gör det på ett sådant sätt, att det innebär att de använder en i sammanhanget förbjuden transformation. Jag har dessutom lagt denna kategori före *förflyttning*. I analysen innebär *förflyttning*, att eleverna säger att vattnet försvinner från jorden och sedan uppenbarar sig på glasburkens väggar, utan att de säger något om hur det kommer dit. Före kategorin *modifiering*, som innebär en komplett beskrivning av avdunstningen, har jag lagt in en kategori *tecken på modifiering*. *Tecken på modifiering* innebär, att eleverna saknar någon av de tre komponenterna som ingår in kategorin *modifiering* i sin beskrivning. Mina tre komponenter i *modifiering* är att vatten avdunstar, att ånga bildas och slutligen att ångan finns i luften.

I tabell 62– 64 redovisas jämförelser mellan hur eleverna förklarar vad som händer i den slutna burken och när vattnet på diskbänken försvinner.

Vid alla jämförelser är det många fler elever som går till högre grad av förståelse än till lägre. Ungefär hälften av eleverna har samma kategori vid jämförelserna mellan första och andra intervjun respektive mellan första och tredje intervjun. Det är något färre vid jämförelsen mellan andra och tredje intervjun.

Tabell 62 Jämförelse mellan kategoriseringen av hur eleverna förklarar avdunstning av vatten i den slutna burken med jord vid första och tredje intervjun. Kategorier enligt tabell 61.

		Intervju 3 burken					
		Försvinner	Förbjuden	Förflyttning	Tecken på modifiering	Modifiering	
Intervju 1 burken	Försvinner						
	Förbjuden		2	3	1	2	8
	Förflyttning			5	1	2	8
	Tecken på modifiering		1		7	9	17
	Modifiering				1	5	6
			3	8	10	18	39

I tabell 62 jämförs beskrivningarna av avdunstning i den täta glasburken med lock vid första och tredje intervjun. Ingen elev talar vid någon av intervjuerna om att vattnet i jorden försvinner och upphör att finnas till någonstans. Vid första intervjun är det åtta elever som kategoriseras som *förbjuden*. De beskriver antingen transformationen som en kemisk reaktion eller också beskriver de någon förändring, som inte är möjlig enligt kemins lagar. Två av dessa elever tilldelas samma kategori vid tredje intervjun också. Nästan hälften av eleverna beskriver avdunstning på ett riktigt sätt. Om vi tar med dem som har kategorin *tecken på modifiering*, så har tre av fyra elever dessa båda kategorier vid den tredje intervjun.

Vid första intervjun har vi en stor grupp elever som tilldelas kategorin *tecken på modifiering*, och många av dessa har en riktig beskrivning av transformationen vid tredje intervjun. Arton elever har högre och två elever har lägre kategori vid tredje än vid första intervjun.

I tabell 63 jämförs förklaringarna till avdunstning i den slutna burken vid första intervjun med förklaringarna till vattnet som avdunstat från diskbänken vid andra intervjun ett halvår senare.



Tabell 63 Jämförelse mellan kategoriseringen av hur eleverna förklarar avdunstning av vatten i den slutna burken med jord vid första intervjun och avdunstning från diskbänken vid andra intervjun. Kategorier enligt tabell 61.

		Intervju 2 diskbänken					
		Försvinner	Förbjuden	Förflyttning	Tecken på modifiering	Modifiering	
Intervju 1 burken	Försvinner						
	Förbjuden	1	2	1	1	2	7
	Förflyttning		1	4	3		8
	Tecken på modifiering			2	8	7	17
	Modifiering				1	5	6
		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>38</b>

Det finns även i denna jämförelse två elever vars beskrivningar har kategoriserats som *förbjuden* vid båda intervjuerna. Antalet förklaringar i denna kategori minskar kraftigt även till andra intervjun. Antalet riktiga förklaringar, *modifieringar*, ökar kraftigt och nästan hälften av dem som har *tecken på modifiering* vid första intervjun har nu *modifiering*. Det är en ganska stor grupp elever som beskriver avdunstningen som en förflyttning vid båda intervjuerna. Fjorton elever har högre och fem elever har lägre kategori vid andra än vid första intervjun.

Tabell 64 Jämförelse mellan kategoriseringen av hur eleverna förklarar avdunstning av vatten från diskbänken vid andra intervjun och i den slutna burken med jord vid tredje intervjun. Kategorier enligt tabell 61.

		Intervju 3 burken					
		Försvinner	Förbjuden	Förflyttning	Tecken på modifiering	Modifiering	
Intervju 2 diskbänken	Försvinner				1		1
	Förbjuden			2		1	3
	Förflyttning			2	3	2	7
	Tecken på modifiering		1	3	4	6	14
	Modifiering		2		2	10	14
			<b>3</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>39</b>

Genomgången av resultaten avslutas med en jämförelse mellan elevernas beskrivningar vid den andra och den tredje intervjun. Se tabell 64. Dessa båda intervjuer visar på stora likheter, om man ser till gruppen som helhet. Det är något fler som har tilldelats den högsta kategorin vid den senare intervjun. Det är emellertid bara sexton elever som har samma kategori vid båda tillfällena. Det kan bero på att vi har något annorlunda situationer som diskuteras. Det som händer med vattenångan i den slutna burken kan uppfattas på ett annat sätt än det som sker ute i ett rum. Flera elever byter kategori från *tecken på modifiering* till andra kategorier. Många i denna kategori är på väg att utveckla en förståelse av modifiering. När nya utmaningar kommer, kan några av dessa elever använda förklaringar som innebär klara beskrivningar av en avdunstning. Några av eleverna i denna grupp har inte så klara tankar om modifiering. För dessa elever har troligen situationen stor betydelse för vilken förklaringsmodell de använder. Tjugo elever tilldelas denna kategori vid någon av intervjuerna, men bara fyra har denna kategori vid både andra och tredje intervjun.

Vid första intervjun har förklaringarna från åtta elever kategoriserats som *förbjuden*, men vid de båda senare tillfällena är det endast tre elever i denna kategori. Antalet elever som har tilldelats kategorin *modifiering* är högre vid de senare intervjuerna än vid den första intervjun. De som beskriver avdunstningen som en fasändring från vatten till ånga som går ut i luften ökar från sex elever vid den första intervjun, fjorton vid den andra till nitton vid den tredje. Det är ungefär lika många elever i de båda högsta kategorierna vid andra och tredje intervjun. Det är många som går från lägre kategorier till den högsta vid den tredje intervjun. Å andra sidan är det fyra av de fjorton eleverna, som har högsta kategorin vid den andra intervjun, som går till lägre förklaringar vid den tredje. Femton elever har högre och åtta elever har lägre kategori vid tredje än vid andra intervjun.

Eleverna beskriver avdunstning allt bättre under de tre intervjuerna som jämförelsen omfattar. Många beskriver inte transformationen helt korrekt utan kategoriseras som *tecken på modifiering* i de tidigare intervjuerna. Av dessa är det många som i senare intervjuer har kategorin *modifiering*. Endast några enstaka elever har *förflyttning* eller *förbjuden* i senare intervjuer.

### 13.3 Analys av elevernas förklaringar till hur det blir regn

När eleverna vid introduktionen skriftligt med ord eller bilder får beskriva hur det blir regn är det deras första kontakt med mig. Vid den fjärde intervjun får de samma uppgift och efter att de har beskrivit detta för mig, får de se det papper där de beskrivit samma sak två år tidigare. Jag ber dem jämföra förklaringen på papperet med det de just berättat för mig. I analysen av elevernas beskrivningar av hur det blir regn använder jag en modifiering av den metod som använts av Eskilsson och Lindahl (1996). Tabell 65 innehåller en sammanställning av kategoriseringen av elevernas svar.

Tabell 65 Kategorier som användes vid analys av elevernas förklaringar till hur det blir regn och antal elever per kategori.

	Kategoribeskrivning	Intr.	Int 4
1	<i>Inget svar</i>	1	0
2	<i>Ej kretslopp</i>	5	3
2a	Övrigt	1	1
2b	Moln som kolliderar, varm och kall luft möts	4	2
3	<i>Förklaringar med kretslopp</i>	31	37
3a	Övrigt	3	0
3b	Moln som kolliderar eller att varm och kall luft möts	0	1
3c	Molnen töms pga att molen stiger över berg	2	0
3d	Vattenånga stiger och blir regn t ex för att molnen blir fulla (eller för tunga)	22	24
3e	Vattenånga avkyls och det blir regn	4	3
3f	Vattenånga avkyls, vattendropparna bildas och växer	0	9

Modifieringen innebär, att de kategorier som inte förekommer har tagits bort, och att *vattenånga blir regn* och *molnen blir fulla eller för tunga* slagits samman. Inga förklaringar i dessa kategorier innebär att eleverna säger något om att vattenånga avkyls. Med *kretslopp* menar jag, att eleverna beskriver att vatten avdunstar från mark eller vattendrag, och att det kommer

ner som vatten igen. De ska också tala om vad som händer i molnen. De behöver däremot inte nämna begreppen kretslopp, avdunstning eller kondensation.

Vid introduktionen får eleverna skriftligt beskriva hur det blir regn och det är sedan en av de situationer vi diskuterar vid fjärde intervjun. Detta påverkar elevernas svar. Jag tror att jag trots detta kan få information, så att jag kan jämföra deras beskrivningar av vattnets kretslopp i naturen vid dessa båda tillfällena. Jag försöker att få likartade situationer genom att i intervjuvaren analysera elevernas spontana svar eller svar efter en följdfråga, där jag ber dem förtydliga något i svaret. Ett par elever som säger att "Det blev tungt" får följdfrågan: "Vad är det som blir för tungt?". Båda svarar då "Molnet". Under introduktionen är det några elever som frågar hur mycket de ska skriva. Då talar jag med dem om att jag är nyfiken på hur de förklarar hur det blir regn och uppmanar dem att rita och berätta om det. De tre eleverna i kategori 3a ritade bilder som visar ett kretsloppstänkande, men det finns ingen förklarande text.

Det är inte så stora skillnader mellan kategoriseringen av elevernas förklaringar till hur det blir regn vid de båda tillfällena. Många elever tycks ha fastnat i kategori 3d. Nästan alla elever har ett kretsloppstänkande vid den fjärde intervjun, och detta är en liten ökning jämfört med introduktionslektionen. Lite fler än hälften talar vid båda tillfällena om att molnen blir för tunga eller för fulla så det rinner över och då blir det regn. Den största skillnaden mellan de båda tillfällena är, att en fjärdedel av eleverna vid fjärde intervjun talar om att vattenångan avkyls innan molnen bildas. De talar också om att det bildas vattendroppar som blir större och större och till slut faller ner.

I tabell 66 finns en jämförelse mellan enskilda elevers svar på frågan om hur det blir regn. I denna tabell har några kategorier slagits samman för att det ska bli mera överskådligt. Alla elever som inte talar om kretslopp har förts samman till kategori 2. De som talar om att vattenångan avkyls (3e och 3f) har förts samman till kategori 3e-f. Kategori 3d bildar en egen kategori. Övriga som talar om kretslopp och som inte kan föras till 3d-3f förs samman till kategori 3a-c.

Tabell 66 Jämförelse mellan förklaringarna till hur det blir regn vid introduktionslektionen och vid fjärde intervjun. Kategorierna från tabell 65 används.

Hur blir det regn? Introduktionen	Hur blir det regn – Intervju 4					
	1 Inget svar	2 Ej kretslopp	3a-c Övrigt	3d Fulla moln	3e-f Avkylning	
1: Inget svar		1				<b>1</b>
2: Ej kretslopp		2		1	2	<b>5</b>
3a-c: Övrigt				2	3	<b>5</b>
3d: Moln fulla			1	17	4	<b>22</b>
3e-f: Avkylning				4		<b>4</b>
	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>9</b>	<b>37</b>

De tre elever som var frånvarande vid introduktionen har kategori 3e (två elever) och kategori 3f (en elev) vid fjärde intervjun. Hälften av eleverna har samma kategori vid båda tillfällena. Tretton elever har högre och fem elever lägre kategori vid den fjärde intervjun. Av de sex elever som inte har en kretsloppsförklaring vid introduktionslektionen, är det tre som fortfarande inte har det. Två av dem har en förklaring, som innebär att de talar om att vattenångan avkyls. Ingen av eleverna som hade de lägre kretsloppsförklaringarna (3a-c) har kvar dessa.

De talar nu om att vattenångan avkyls så det bildas vatten, eller att molnen blir för tunga så de släpper ut vatten.

Nästan alla elever som använder kretsloppsförklaringar använder ordet ”avdunstar” i sina förklaringar. Några skriver att molnen suger upp vatten från vattendragen. Några elever talar om vattnets kretslopp som de gjorde tidigare, men nu tillämpar de partikeltänkandet. Disa prövar sin förklaring och ifrågasätter den, eftersom hon finner att den inte är allmängiltig.

*Disa: Det är kanske så att det är molekyler i luften. Det är det nog. Så liksom åker de ihop i en enda klunga och så blir det stora droppar. Så börjar det regna ner. De kan inte sväva mer. Det är liksom problemet där att det borde ha regnat hela tiden ju. Men molekylerna måste ju komma från nåt.*

Många elever koncentrerar sig på kretsloppet när de ritar och skriver om regnet vid introduktionslektionen. Det framgår inte av alla hur de tänker molnens roll i regnet. Vid intervjun är detta en fråga som jag ställer till dem, om de inte själva talar om det. Av de 40 eleverna i denna intervjuomgång säger nästan två tredjedelar att molnen bildas av vattnet som avdunstar och stiger uppåt. Resten säger att molnen finns där redan, och ett par elever ser inget samband mellan molnen och regnet.

Tabell 67 Hur blir det regn? Exempel på hur eleverna som tilldelas en högre kategori vid fjärde intervjun kommenterar sina svar på papper och pennauppgiften.

Elev	Ändring	Kommentar
Arne	2a→3f	Han ser skillnaden. <i>Arne: Nej detta stämmer inte redigt.</i> <i>Jag: Du förklarade bättre idag.</i> <i>Arne: Ja.</i>
Lea	2b→3e	Hon ser inte någon skillnad. <i>Lea: Det är som jag sa nu.</i>
Disa	3c→3f	Hon talar om skillnader i detaljer i sin beskrivning men ingenting om den diskussion om molekyler som hon har vid intervjun.
Carl	3a→3f	Han förklarar bilden med sin nya förklaringsmodell. <i>Carl: Här är att vattenångan går upp så kommer det in i molnen och så blåser det på in över en stad så börjar det regna.</i>
Tea	3a→3f	Hon ser ingen skillnad. Därefter förklarar hon sin bild med sin nuvarande förklaring. Hon kanske lägger in mer i bilden än jag ser eller också så tolkar hon bilden på nytt sätt.
Alma	3d→3f	<i>Alma: Att vattenmolekylerna drar åt sig varann.</i>
Ebba	3d→3f	Ser först inte skillnaden men efter mitt inlägg ger hon exempel. <i>Ebba: Precis som jag sa nu.</i> <i>Jag: Jag tycker att du sa lite mer om vad som händer i molnet nu.</i> <i>Ebba: Det åker upp i luften så blir det ett moln?</i>
Maja	3d→3f	Ser ingen skillnad.
Mona	3d→3f	Ser skillnaden och talar om var hon lärt sig mer om detta. <i>Mona: Jag har läst lite i böcker, faktaböcker. En kompis har Så funkar det.</i>

Vid intervjun låter jag eleverna titta på det de skrev om regnet vid introduktionslektionen. Jag ber dem jämföra sina förklaringar och se om det är någon skillnad. I tabell 67 redovisar jag hur de elever som gått till högre nivåer av förståelse kommenterar de förklaringar de redovisade på papperet nästan två år tidigare.

Sammanställningen tyder på att eleverna har svårigheter att uttrycka vad skillnaderna i deras förklaringar innebär. Många elever ser skillnader och kan peka ut vad de innebär, och de talar ibland också om var de lärt sig detta nya. Det finns också flera elever som inte ser skillnaden, när de jämför med sin förklaring från nästan två år tidigare. När jag ser på andra förändringar som innebär en ökad förståelse enligt min kategorisering, finner jag att det är ännu fler elever som inte ser skillnader i sina förklaringar. Ofta tolkar de om sina bilder, så att de stämmer med vad de säger vid intervjun.

### Sammanfattning

Elevernas beskrivningar och förståelse av fenomenen, som är kopplade till vattnets kretslopp, innehåller komponenter, som kan tolkas både som beskrivningar på makronivån och på partikelnivån. Jag uppehåller mig speciellt vid elevernas beskrivningar av avdunstning. Enligt min kategorisering ökar elevernas förståelse i den senare intervjun vid alla jämförelser. Det är mycket få elever som går mot lägre förståelse, medan det är många som har en högre kvalitet i sina svar vid den senare intervjun. Speciellt ökar antalet elever som beskriver avdunstning på ett sätt som innebär *modifiering*. Mer än hälften av eleverna har *tecken på modifiering* och/eller *modifiering* vid både den tidigare och den senare av de intervjuer som jämförs. Detta tyder på att de har en stabil kunskap. Det är mycket få elever som talar om avdunstning som att något bara försvinner, som att det är en kemisk reaktion eller som förbjudna transformationer. Lite mer än hälften av eleverna har vid båda intervjuerna förklaringar till hur det blir regn, vilka innebär att molnen blir tunga eller fulla och då regnar det.

## 14 Kunnande och erfarenheter

Under intervjuerna talar elever ofta om erfarenheter i vilka de känner igen de exempel vi diskuterar. Det kan också finnas elever som efter hand, som vi talar om molekyler under lektioner och intervjuer, upplever en värld av molekyler som skiljer sig från deras vardagserfarenheter. De kopplar inte samman sitt molekylbegrepp med sin vardagsvärld. Andra elever kan se partikelbegreppet som ett verktyg för att kunna tala om och förklara de erfarenheter de har utanför skolan. Jag studerar i detta avsnitt hur eleverna utnyttjar sina erfarenheter i uppbyggnaden av sin förståelse.

### 14.1 Kategorisering av hur elever använder sina erfarenheter

Elevernas erfarenheter kategoriseras med en modifiering av ett instrument som utformats av Harlen och Symnington (1988). De beskriver i sin studie olika sidor av elevernas iakttagelseförmåga och hur detta hjälper dem att bygga upp deras begrepp. Skillnaden mellan deras och mina kategorier är, att jag väljer en kategorisering som jag tycker tydligare betonar att eleverna talar om orsaker till fenomenen i kategorin *fenomen och orsaker*. Kategorierna i denna studie beskrivs i tabell 68 där de också belyses med exempel.

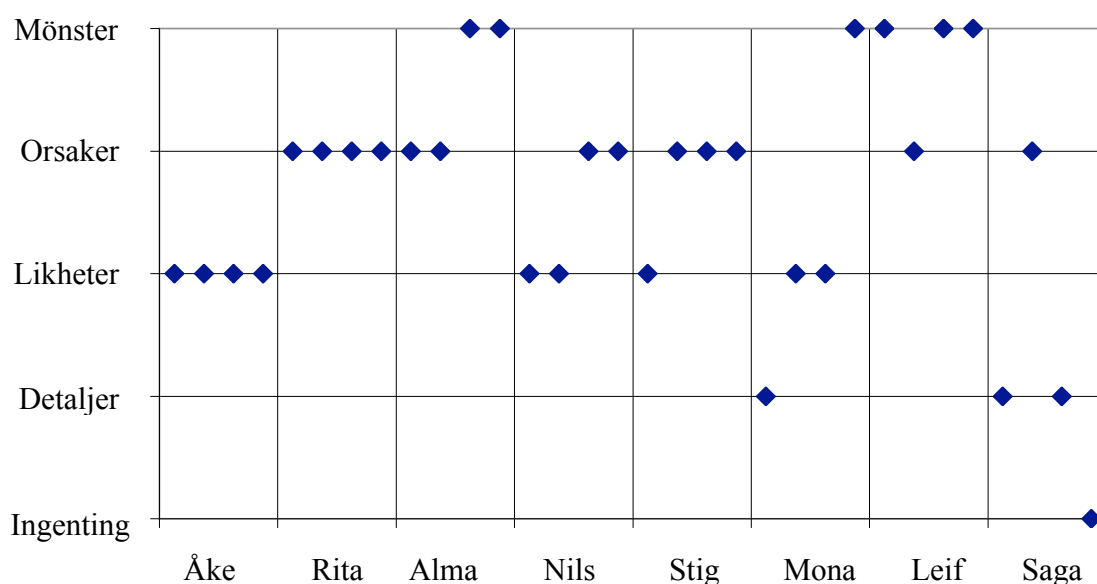
Tabell 68 Kategorisering av elevernas hänvisning till sina erfarenheter.

Kategori	Beskrivning	Exempel
Ingenting	Eleven hänvisar inte till sina erfarenheter.	
Detaljer	Eleven talar om detaljer.	<i>Carl I3: Man brukar ha kryddor i maten (lukt). Dan I2: Det är gammalt och så kommer det vatten på det.</i>
Likheter och olikheter	Eleven jämför med andra situationer som de har erfarenhet av men säger ingenting om orsaker.	<i>Alma II: Det kanske finns lite vatten i stearinet. När man stöper det så måste man ha vattenbad. Elof I3: Ja det är precis som om man har något glödande om man blåser på det så blir det ju ännu mer glöd.</i>
Orsaker	Eleven talar om orsaker till fenomenet.	<i>Alma I2: Det blir ånga. Det är vatten i lite vatten i bensin också så. I nästan allting är det vatten och då blir vattnet till ånga. Ove I2: Det är också en typ av gas för just där i stearinet finns det gas i så det är därför det brinner.</i>
Mönster	Eleven talar om regler och mönster.	<i>Elof I3: De blir olika det händer olika saker med dem. Vissa vätskor kan man andas in och vissa blir ånga och går de upp i luften så börjar det regna och sånt där. Rune I2: Det är nog för att koldioxiden som vi andas ut. Vi andas in syre och vi kan inte andas med koldioxid. Så de byter liksom plats jag har redan syret i min kropp så andas vi ut koldioxiden.</i>

Kategoriseringen hjälper mig att studera kvaliteten i hur eleverna kopplar samma kunskaper i naturvetenskap med sina erfarenheter. Kategorin *detaljer* innebär att eleverna talar om någon detalj i det de ser medan de som tilldelas *likheter och olikheter* jämför sina iakttagelser med någonting de känner igen. Kategorierna *orsaker* och *mönster* innebär högst kvalitet eftersom eleverna använder sina erfarenheter för att förklara det de ser. De elever som tilldelas *mönster* formulerar generaliseringar som inte bara gäller det de ska förklara just då.

## 14.2 Analys av hur elever använder sina erfarenheter

Alla tillfällen eleverna använder sina erfarenheter för att diskutera och förklara fenomenen vid intervjuerna kategoriseras. En intervju tilldelas den högsta kategorin som eleven uppnår under intervjun. I figur 45 visas den högsta kategoriseringen vid respektive intervju för några av eleverna. I diagrammet redovisas en elev i varje spalt. De fyra markeringarna som finns där motsvarar från vänster min kategorisering av första till fjärde intervjun.

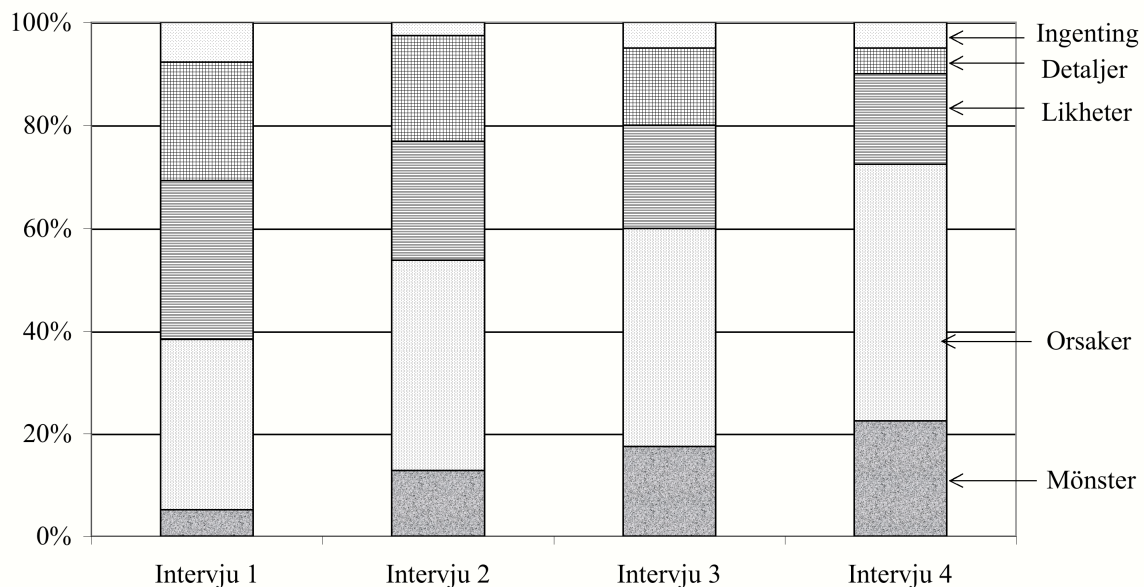


Figur 45 Exempel på kategoriseringen för hur några elever hänvisar till sina erfarenheter och kunskande när de ska förklara fenomen vid intervjuerna. De fyra markeringarna för varje elev motsvarar från vänster I1-I4.

Åke och Rita representerar de fem elever som tilldelas samma högsta nivå vid samtliga intervjuer. Åke söker efter likheter mellan fenomenen och sina erfarenheter, medan Rita vid samtliga intervjuer söker förklara de fenomen vi diskuterar genom att jämföra med sina erfarenheter. Alma, Nils, Stig och Mona representerar elever som går mot allt bättre kvalitet i sina beskrivningar under intervjuerien. Alma ligger på förklaringsnivåerna *mönster* och *orsaker* hela tiden, men i de båda avslutande intervjuerna kan man se, att hon söker mönster i sina förklaringar. Det gör Mona också i den fjärde intervjun. Nils och Stig startar med att tala om likheter med sina erfarenheter. När de sedan i en intervju talar om orsaker, så gör de det även i de kommande intervjuerna. Man kan se liknande utveckling för knappt hälften av eleverna. När Leif förklarar fenomenen vid intervjuerna, gör han det genom att visa på mönster eller regler där han hänvisar till sina erfarenheter. Vid den andra intervjun kan man inte se dessa mönster i hans förklaringar. Ungefär fem av eleverna pendlar på detta sätt mellan de båda nivåerna *mönster* och *orsaker*. Saga representerar en grupp elever som är mycket ojämna, när man ser

på deras förklaringar i relation till deras erfarenheter. Hon använder sina erfarenheter för att förklara vid den andra intervjun, men vid de övriga talar hon om detaljer, om hon hänvisar till sina erfarenheter. Det är bara enstaka elever vars utveckling från detta perspektiv liknar Sargas.

Tretton elever ökade från de båda lägsta kategorierna till de båda högsta under projektet. Elva elever har de båda högsta kategorierna vid samtliga intervjuer. Fyra elever har de båda lägsta kategorierna vid samtliga intervjuer. Endast enstaka elever har en markant nedgång i kategoriseringen vid de båda sista intervjuerna. I figur 48 redovisas hur kategoriseringen av högsta värdet fördelas vid respektive intervju. Andelen elever som kategoriseras som *mönster* respektive *orsaker* ökar. Totalt utgör dessa båda kategorier fyrtio procent vid första intervjun, femtio procent vid andra, sextio procent vid tredje och sjuttio procent vid den fjärde intervjun. Se figur 46.



Figur 46 Kategorisering av elevernas koppling till sina erfarenheter i samtal med mig vid intervjuerna enligt tabell 68. Andelen högsta värden vid respektive intervju.

Eleverna talar gärna om olika erfarenheter för att belysa de problem vi diskuterar. Det kan vara att de direkt jämför det brinnande ljuset med när de stöpt ljus eller en rostig järnbit med rostiga föremål de träffat på. Det kan också vara att de använder erfarenheter för att förklara mina frågor. Vid fjärde intervjun formulerar var fjärde elev egna teorier, som innebär att de generaliserar sina erfarenheter när de ska förklara intervjusituationerna. Vid de båda sista intervjuerna är det en stor andel som antingen tilldelas kategorierna *mönster* eller *orsaker*. Deras erfarenheter är till hjälp, när de förklarar kända fenomen vid intervjuerna. I stort sett alla elever hänvisar allt mer till erfarenheter ju längre projektet pågår. Det finns också några exempel på motsatsen. De flesta elever upplever de situationer vi talar om som en del av sin egen erfarenhetsvärld.



## 14.3 Tre elevers kopplingar till sina erfarenheter vid intervjuerna

### 14.3.1 Olga

Olga talar mest om det vi har framför oss under första intervjun och använder inte i så stor omfattning sina erfarenheter, när hon beskriver eller förklarar företeelserna. När hon talar om jorden i burken säger hon att *”Jorden kanske var hård och fuktig på kvällen”*. Jag har inte sagt något om att jag tagit jorden på kvällen. Hon ser likheten mellan jorden i burken som det har kommit ånga ifrån och jorden som brukar vara fuktig på kvällen. På samma sätt tänker hon på ångor från maten, när hon ska beskriva lukt.

Det är ungefär samma sak med andra intervjun, där hon jämför den rostiga järnplåten med det hon vet om att järn som blir fuktigt brukar rosta. Hon vet att bensin sprider illaluktande ångor, och att det inte tål eld utan börjar brinna. Dessa kommentarer har kategoriserats som *likheter* med erfarenheter som hon har.

I den tredje intervjun motiverar hon *orsaker* till händelser genom att hänvisa till egna erfarenheter av vad som händer när man tänder ett ljus. *”Den (stearinen) smälte och så kanske blev det nytt material som kunde brinna.”* *”Kanske när luften blandas med det så går det uppåt.”* I båda fallen är hon lite osäker och lägger till ett kanske.

I den fjärde intervjun använder hon också sina erfarenheter för att förklara det som händer, när magnesiumbandet läggs i citronsyralösningen. *”Smutsen åker ju väck för det är så starkt. Så stark syra. Där är nåt som ligger på det (magnesiumbandet) som löses upp.”* Hon känner till syror, och att de kan vara starka. Starka syror kan lösa upp eller fräta bort smuts. Hon kan koppla det som händer till ett vidare mönster.

### 14.3.2 Alma

Alma har många kopplingar till sina erfarenheter vid samtliga intervjuer. I den första intervjun finns några detaljer som påminner om situationerna som hon hänvisar till. Hon talar om att ångan i luften avdunstat från sjöar, och att papperet krymper när det brinner. I dessa exempel tar hon en enstaka händelse och jämför den med det vi talar om. Hon har också exempel på *likheter* med denna situation *”Det kanske finns lite vatten i stearinet. När man stöper det så måste man ha vattenbad.”* Hon vet att man har vattenbad när man stöper ljus och tror att det kommer in vatten i ljuset, som sedan förångas när ljuset brinner. Detta svar kommer efter att vi diskuterat ångan på väggarna i glasburken och är inte det, som hon spontant hade som sin första förklaring. I denna intervju finns det också exempel på, hur hon använder sina erfarenheter för att förklara orsaken till händelser. *”Luften och det som finns i burken gör att jorden avger ångan och den sätter sig på glaset och blir vattendroppar”*. Detta uttalande kommer som spontan första förklaring till vad som händer i burken.

Vid andra intervjun finns det också exempel på att hon använder sina erfarenheter för att förklara fenomen. Hon jämför den rostiga järnplåten med andra järnbitar som rostar, när de får vatten på sig. I ett fall bygger hon sin förklaring på den felaktiga uppfattningen, att alla vätskor innehåller vatten. Vatten finns i många vätskor vi träffar på, och det är då nära till hands att tro, att alla vätskor innehåller vatten. *”Det blir ånga. Det är lite vatten i bensin också så. I nästan allting är det vatten och då blir vattnet till ånga.”* Hon har liksom många andra elever hypotesen, att vattnet med brustabletten blir lättare när tabletten *”löses upp”*. Den

tas upp av vattnet, och då försvinner den, och då måste skålen med vatten och brustabletten bli lättare.

Vid tredje intervjun plockar hon in sina förklaringar i större mönster då hon beskriver gaser som *"De går inte att ta på och ibland kan man inte se dem"*. Mjölet är ett fast ämne, eftersom mjölkornen är fasta. Fasta ämnen är hårda för henne, och hon använder sin modell att de ämnen som består av fasta korn är fasta ämnen. När hon beskriver imman på väggarna använder hon sina erfarenheter för att förklara just detta fenomen. *"Jorden – den kanske var fuktig när du tog den. Sen så har det blivit varmt och stigit uppåt."* Hon är medveten om att det bildas ånga, men hennes erfarenheter är att ånga bildas då man kokar vatten. Avdunstning är svårare att förklara, så hon tar till värmen som lösning på sitt problem. Det blir varmt på diskbänken, så vattnet avdunstar. När hon förklarar lukten från tebladen använder hon sin erfarenhet av tekoppen som luktar, då hon säger att det är någon gas som kommer från teet.

Vid fjärde intervjun återkommer Alma till att det finns vatten i bensinen, och att detta kommer ut när man tänder eld på bensinen. Hon har ett mönster som innebär att det bara är fasta ämnen som bildar aska, och därför blir det ingen aska när bensin brinner. Hon har erfarenheten från luft och ånga att dessa är osynliga och menar därför, att gaser är genomskinliga så därför kan man inte se dem. Det är mycket få färgade gaser som elever träffar på. Hon jämför vattenångan ovanför en skål med vatten med bensinångor ovanför bensinen. *"Därför att luften rör sig och bensinen precis som vatten har lite ånga ovanför sig. Man tänder eld på den. Stoppas man ner stickan i bensinen så slocknar den."*

### 14.3.3 Elis

Vid kategoriseringen av intervjuerna med Elis fanns det i varje intervju minst ett inslag som hamnade i någon av de båda högsta kategorierna. Det fanns också många olika inslag, där han hänvisade till erfarenheter. I den tredje intervjun var det allra flest – nio inslag.

När han ska förklara varför te och kaffe luktar, börjar han tala om luktsinnet men efter en stunds dialog säger han att *"Kaffebönan luktar ju också. Den luktar ju av sig själv"*. Vi hade talat om citronkarameller som luktar. Han tar en detalj han känner igen för att förklara fenomenet lukt. Han talar också om likheter mellan papperet som vi diskuterar och egna erfarenheter av papper som brinner. *"Det liksom när man eldar papper, så ser man ju att det brinner upp ganska snabbt. När man sätter en tändsticka under papperet så brinner det upp ganska snabbt. Det är något med elden att när det tar på den så sjunker det ihop."* Han förklarar inte vart papperet som brinner tar vägen utan hänvisar till vad han sett hända, när man eldar upp papper. Han går också in på detaljer i sin beskrivning av vad som händer när man tänder eld på papper. I sin beskrivning av vad som sker i burken med jord kommer han in på begreppen ånga och dagg. Han talar om att det bildas ånga och att det sätter sig på väggarna.

*Jag: Är det ånga som sitter på kanterna?*

*Elis II: Nej det är nog man kan säga dagg. Kanske inte riktig dagg.*

*Jag: Det är inte så dumt egentligen. Varför tänkte du på dagg?*

*Elis II: Liksom det blir det om det – i och för sig har det stått inne lite men det blir då av kall jord som blir det ju dagg.*

Han säger att det inte är ånga som sitter på glasburkens insida. Han börjar tala om dagg som han har erfarenhet av och använder dagg för att förklara, hur det kan bildas vattendroppar på väggen.

Även vid andra intervjun söker han *likheter* mellan vattnet på diskbänken och sina egna erfarenheter. *”Jag vet inte redigt. Om det är nära speglar kan det bli imma på speglarna.”* Han känner igen imman från när man andas mot en spegel. När vi talar om den rostiga järnbiten, och jag visar en bit som jag putsat med stålull, kommer Elis att tänka på rostfritt stål. Han vet inte vad det är men har hört talas om det. Han talar också om bensinen som brinner, och om den sot som bildas i botten av skålen. *”Det börjar ta slut så är det nästan som en veke. När den börjar ta slut så brinner det lite i botten. Sen slutar det. Det finns inte mer att brinna av.”*

Elis talar också om att brustabletten försvinner in i vattnet, och då kan det vara naturligt att tro att det blir lättare.

*Då kommer den att väga mindre. Jo för då löses den upp och då försvinner den tyngden. Eller kan det bli mer – så sjunker det ner till botten de som finns i den då blir det tyngre på botten då kan det höjas eller sänkas. Det skulle kunna stanna kvar eller nåt sånt (väga lika mycket).*

Han funderar också på om pulvret sjunker till botten, och att det då kan bli tyngre. Ett annat alternativ, som han diskuterar med sig själv, är om det kanske stannar kvar, och då ändras inte vikten. När vi sedan gör experimentet och ser att det blir lättare kan han förklara det med, att gasen försvinner, och då måste vikten minska.

Även vid tredje intervjun talar Elis om att något i gasform försvinner ut i luften. Han jämför också med *detaljer* i sin erfarenhet när han talar om grillkolet. Kolbiten är aska från början, och den blir inte mindre när man eldar den. Han talar om vad som händer med papperet, när man eldar upp det i en spis. När han förklarar varför ljuset slocknar då man sätter en burk över, formulerar han det som en del i ett större *mönster*. *”Nej det kommer att slockna lite, lite, lite efter hand. Det finns lite syre i burken och när det tagit slut så sjunker det ihop ännu mer. Ett ljus behöver så mycket syre för att det ska kunna brinna. Det behöver inte så mycket syre. Syret här inne det kan man säga att det är vind och det blåser på den då. Men om man blåser på det så slocknar det. Det har något med när man har ljusstumpen.”* Han fortsätter med att diskutera vad som skulle ha hänt, om man hade haft en mindre eller större burk.

Elis talar också vid fjärde intervjun om gaser som försvinner ut i luften då bensen brinner. Han använder ordet försvinna, eftersom det beskriver det som händer i skålen. När vi börjar tala om citronsyra, talar Elis om sin sköldpadda *”Så brukar jag hälla i min – jag har en sköldpadda så brukar jag rengöra hans skål med det.”* Han har också hört talas om läkemedelsbensen, så när han ser den ofärgade bensinen, så frågar han om det är sådan. Han vill koppla den ofärgade vätskan till något han känner igen.

I dessa tre fallstudier finns många exempel på personliga teman hos eleverna som återkommer i intervju efter intervju.

## 15 Lärandesituationer

Syftet med studien är, som framgår av kapitel 4, att från olika perspektiv på lärande studera utvecklingen av elevernas kunnande under en tvåårsperiod då jag genomför några undervisningssekvenser och intervjuer. I redovisningen av elevernas resultat koncentrerar jag mig på intervjuerna. För att belysa elevernas lärande ger jag här emellertid några exempel från lektionerna. Jag kopplar också dessa beskrivningar till efterkommande intervjuer där det är möjligt. I de exempel som följer finns exempel från förståelse både på makronivå och på partikel-nivå.

### 15.1 Materiens faser

Inom naturvetenskapens värld använder vi begreppen fasta ämnen, vätskor och gaser som ett sätt att dela in ämnen. För elever som inte mött detta, är det inte ett naturligt sätt att sortera ämnen på. Indelningen ställer också till problem när det gäller fasta ämnen, som många tolkar som hårda ämnen, vilket för med sig att pulver och mjuka ämnen är svåra att placera. I kapitel 3 redovisas några studier om elevers föreställningar inom detta område (Eskilsson & Lindahl, 1996; Johnson, 1995 avsnitt 4.2; Krnel, 1995; Krnel et al., 1998; Stavy, 1991; Stavy & Stachel, 1985).

I tabell 9 (se kapitel 6) redovisas planeringen av hur vi arbetat med materiens faser. Under den första undervisningssekvensen har eleverna i uppgift att sortera några föremål i grupper, så att de som har något gemensamt hamnar i samma grupp. Eleverna ska själva välja efter vilka kriterier de ska sortera ämnena. Eleverna berättar sedan för sina kamrater hur de gjorde. Jag säger att det finns flera olika sätt att sortera ämnen och berömmar deras förslag. Med detta som grund introduceras begreppen fast, vätska och gas. Vi använder begreppen några gånger under lektionerna som följer. Den öppna uppgiften gör, att elevernas diskussioner blir mycket olika. Nedan följer några exempel på vad man diskuterar. Några av eleverna går i årskurs 3 och 5 och tillhör inte min intervjugrupp. De har i exemplena tilldelats namn med mer än fyra bokstäver.

Grupperna startar ofta med att diskutera uppgiften:

*Ulrika: Vi har vatten.*

*Markus: Ska man hitta gemensamma saker som vi tror?*

*Ulrika: Eller ska de para ihop dem?*

De söker efter likheter mellan det som finns i burkarna. De undersöker det som finns i burkarna på olika sätt. De talar också om saker som de associerar till.

*Markus: Om vi droppar juice på tyget så blir det vått. Trä suger upp vatten.*

*Ulrika: Vi kan ta alla som suger upp vatten i samma grupp!*

*Markus: De här två suger upp vatten. (Han ställer två burkar i en grupp för sig.)*

Sven, Disa, and Bror diskuterar föremålen som innehåller vatten och försöker göra en grupp av dem. Ofta testar de sina idéer genom att fråga kamraterna.

*Disa: Ser du bubblorna i vattnet?*

*Sven: Ska vattnet vara med saften?*

*Disa: Ja vi tar vatten och saft ihop.*

*Bror: (undersöker en burk) Tandkräm och filmjolk?*

*Disa: Trä och någonting. Krita – vad kan man para ihop den med?*

*Sven: Blomma och vatten går ihop.*

*Disa: Bubblorna och vatten hör ihop. Det är koldioxid.*

*Sven: Socker och det (saft) hör ihop. (Saft är sött.)*

Teas grupp talar om sina erfarenheter av föremålen i diskussionen. De frågar varandra.

*Tor: Man kan ju äta dem? Detta brinner rätt snabbt (aluminium).*

*Tea: Det smälter ju. Smälter krita? (Tea frågar Tor.)*

*Charlotte: Ja krita kan smälta.*

*Tea: Kan man äta tandkräm? (De tänker göra en grupp med sådant som man kan äta.)*

*Tor: Kan vi plocka ihop det som vi använder i allmänhet?*

En grupp elever använder kedjor i sina förklaringar. De söker efter ett samband mellan två föremål och därefter ett nytt samband mellan ett av dem och ett tredje föremål.

*Petri: De här kan man äta.*

*Sofie: Tandkräm?*

*Johannes: Sugröret är av plast precis som tandborsten. (Sugrör och tandkräm placeras i samma grupp.)*

*Angelica: Jag vill ha tandkräm i samma grupp som vatten.*

*Petri: Ja man gurglar ju sig med vatten.*

*Angelica: Jag vill ha potatismjölet i samma grupp som vatten.*

*De andra: NEJ!*

Johannes tar kritan och Angelica aluminiumbiten och de funderar över hur de ska göra med dessa.

*Johannes: Aluminium är en metall som benen på bordet. Aluminium och trä hör ihop – bordet är ju av trä.*

*Angelica: Ja.*

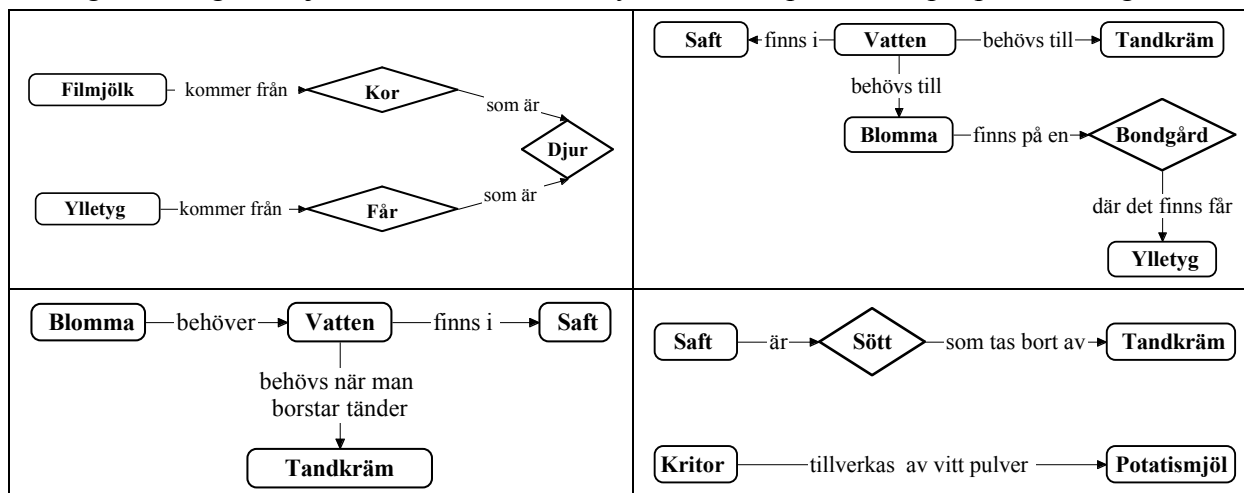
Eleverna redovisar inför sina kamrater hur de sorterat upp ämnena. I tabell 69 sammanfattas gruppernas motiveringar till sin gruppering med Krnels (1995) kategorischema.

Tabell 69 Sammanfattning av elevernas utgångspunkter vid sorteringsövningen vid första lektionen.

<b>Sorteringen bygger på</b>	<b>antal gånger</b>
fast flytande och gas	0
samma slags material – t ex luft, vatten eller trä	26
agerande/syfte – t ex de rinner, används för tillverkning, kan ätas	22
relationer – t ex är naturliga respektive konstgjorda	9
utseende – t ex ser likadana ut, har samma färg	12
kedjor – t ex vatten innehåller syre, saft innehåller vatten	21

Ingen grupp har materiens tillståndsformer som utgångspunkt. Många grupper använder i stället sina erfarenheter när de grupperar ämnena. De undersöker t ex om det är samma sorts material.

Många elever gör kedjor med ämnen som de tycker hör ihop. Se exempel på detta i figur 47.



Figur 47 Exempel på kedjor i elevernas gruppering av ämnena.

I den andra sekvensen av lektioner ett halvår senare får sedan eleverna i uppgift att sortera ett antal nya ämnen i grupperna fasta ämnen, vätskor och gaser. De föremål som nu används är saft, chokladkräm, träbit, luft i ballong, brustablett i vatten, skumgummi, skruv, tygbit, vete-mjöl och jord. Här finns några föremål som är tydliga exempel för de tre grupperna men också flera, som t ex skumgummi, som kan föras till mer än en grupp. I exempel 1-4 redovisas några exempel på diskussioner i grupperna.

#### Exempel 1

Ulf: Detta flyter.

Ture: Detta flyter också.

Ulf: Detta tyg ...

Petra: Om det ligger i vatten så flyter det.

Leif: (brustablett i vatten) Gas.

Leif: Tandkrämen luktar.

Petra: Det är väl också sånt som flyter väl (om ballongen).

Leif: (undersöker ballongen) Det borde väl vara en gas.

Ulf: Ska vi ta de fasta ämnena?

Leif: Gas och gas (ballongen och brustabletten).

Leif: Det är fasta där, träbiten och aluminiumbiten.

#### Exempel 2

Leo: Mjölet och vatten.

Bror: Det är en vätska.

Leo: Nej.

Bror: Jo mjölet är flytande.

Leo: Jorden ska nog vara tillsammans med mjölet.

Bror: Om det är jord – det är ingen vätska då kan vi göra så här.

Dan: Is är fast ämne som järn, trä, ... är flytande (vätskor).

Bror: De är inte flytande.

Exempel 3: Diskussioner i gruppen om tyget och skumgummibiten. Några elever tycker att det ju finns gas i tyget och skumgummibiten.

*Jag: Hur känner man igen en gas?*

*Anna: (visar mig) När den fräste upp (brustabletten) så rök den.*

*Ballong och brustabletten kopplas samman med gas.*

*Jag: Varför är detta ett fast ämne?*

*Alma: Det är ... Den (skumgummit) kan man hålla i.*

Alma tar andra saker och provar om det stämmer med de andra fasta ämnena.

Exempel 4

*Set: Vi har kommit fram till att de här är fasta. Vi var lite osäkra på mjölet men vi tycker att det är fast.*

*Lea: Gaser – ballongen – sen visste vi inte riktigt var vi skulle sätta skumgummit.*

*Elis: Jorden tyckte vi att det var gas i den. Skumgummit tyckte vi att det var luft i.*

*Elis: Tablettens med vatten och chokladen är vätskor.*

*Jag: Hur känner man igen en vätska?*

*Set: Går inte att lyfta, det rinner.*

I diskussionerna lyfts tveksamma exempel fram, och eleverna förfinar sina begrepp. De testar sina idéer i gruppen, när de ska placera in föremålen i de tre grupperna som jag definierat. De använder sedan dessa definitioner för att pröva de exempel som de är tveksamma om. Fasta föremål som inte är hårda är problem för många. Under första undervisningssekvensen visar vi, att fasta ämnen kan malas sönder till mindre och mindre korn. Eleverna provade med socker. När de undersöker pulverformiga ämnen och skumgummi, finner de, att det finns luft inuti dem. Det blir diskussion om skumgummit är ett fast ämne eller en gas. Några grupper kommer fram till, att man kan säga att det är både ett fast ämne och en gas.

#### Sammanfattning

Vid intervjun efter denna undervisningssekvens ber jag eleverna att tala om vad som är utmärkande för fasta ämnen, vätskor och gaser. De får också ta ställning till om mjöl är fast ämne, vätska eller gas. I sammanfattningen nedan förekommer samma elever mer än en gång, om de beskriver begreppet på mer än ett sätt.

- Endast enstaka elever säger att de inte vet hur de ska beskriva begreppen.
- Knappt 40 % av eleverna säger att fasta ämnen är hårda och lika många att de inte rinner. Ungefär lika många säger att fasta ämnen "sitter ihop" eller att man "kan ta på dem". Många talar om hårda ämnen eller att föremålet inte är en vätska. Sju elever beskriver fasta ämnen genom att ge exempel.
- Det tycks vara lättast för eleverna att beskriva vätskor eftersom ungefär trettio av dem talar om vätskor som ämnen som är flytande. Åtta elever talar om att vätskor är blöta. Endast två elever jämför med fasta ämnen, när de säger att man inte kan ta i en vätska.
- Lite mer än hälften av eleverna beskriver gaser genom att ge exempel på gaser. De säger att gaser är som luft, ånga eller koldioxid. En fjärdedel av dem talar om att man inte kan se eller ta i en gas. Några få elever talar om att gaser luktar och då talar de ofta om en speciell gas.

Introduktionen av naturvetenskapens aggregationsformer började vid första lektionen med en fri undersökning. En första begreppsintroduktion görs, och denna följs upp med bearbetning av begreppen. Detta sker bl a vid den lektion som beskrivs ovan och följs sedan upp vid den tredje intervjun. I stort sett alla elever kan då beskriva begreppen på sitt eget sätt och ge egna exempel på fasta ämnen, vätskor och gaser. De använder också begreppen vid andra tillfällen under intervjuerna. Ordet fast, i begreppet fast ämne, som många förknippar med ett hårt ämne, kan de koppla till en övning vid lektionerna. Vi mal sönder socker till små korn, och vi tittar med en lupp på ett streck som vi ritar på ett papper och ser då små korn. Eleverna tycks nu se de tre aggregationsformerna som ett naturligt sätt att beskriva ämnen i. De kan också tala om vad som är utmärkande för fasta ämnen, vätskor och gaser och motivera sina bedömningar av om vilken tillståndsform ett speciellt ämne har.

## 15.2 Hur mycket väger fotbollen?

I flera studier t ex Lee et al. (1993), Millar (1990), Séré (1985) och Stavy (1990, 1991) ) har man kommit fram till att elever har svårigheter att föreställa sig gaser som materia, t ex att gaser har massa och att gaser kan komprimeras. Många elever ser inte heller luft som en gas.

Eleverna i min studie talar ofta om gaser när de diskuterar de olika fenomenen vid intervjuerna. Under den tredje lektionssekvensen jämför vi vikten av en löst pumpad fotboll före och efter det att denna pumpats upp mer. Jag vill utmana elevernas föreställningar om att gaser har vikt och att gaser kan komprimeras samt studera om eleverna använder något partikeltänkande i sina motiveringar och förklaringar. Ändringen av vikten vid pumpning av en boll är så liten, att eleverna inte kan ha någon erfarenhet av att den blir tyngre. För att eleverna ska kunna formulera hypotesen att den blir tyngre, måste de veta att gas har vikt, och att det kommer in mer gas i bollen när vi pumpar. De ska också kunna använda ett enkelt partikelbegrepp, som innebär att luft består av partiklar, och att dessa har vikt. Momentet följs upp vid den efterföljande intervjun. Jag ber dem då också förklara varför många av dem tror att den blir lättare. De får därefter också förklara varför den blir tyngre. Den här övningen kan också göra eleverna medvetna om att vi tänker på olika sätt. Eleverna får genom detta också pröva sin egen tankemodell.

Vi använder en uppblåsbar fotboll, en pump och en elektronisk våg. Om jag använder en ballong i stället för en fotboll, kommer ballongen att bli mycket större. När ballongens volym ökar kommer enligt Arkimedes princip luftens lyftkraft att öka. Vågen visar därför en lägre ökning än den som motsvaras av den tillförda luftens massa. Jag väljer fotbollen för att få en så liten ökning av volymen som möjligt. Därigenom får vi en ganska liten ökning av lyftkraften. Eleverna får diskutera i grupper och tala om sin hypotes, för vad de tror händer med vikten. För att ytterligare visa att vi pumpar in mer luft, släpper jag ut luften ur fotbollen efter försöket. Syftet med momentet är att åskådliggöra att luften har massa. Nedan finns några citat från elevernas diskussioner, dels från deras hypoteser och dels från de förklaringar de har när de ser att vikten ökar. Dessa elevcitat är från diskussioner med hela gruppen.

Hypoteser

*Paula: Den blir väl lättare när den är pumpad för att det blir luft i den. Luft väger inte.*

*Paula: Den blir lättare – jag bara tror det- luften är tyngre när det är lite luft.*

*Tea: Luft väger ingenting. Man kan ju inte packa den.*



*Glen: Vi tror att den blir lättare. Om man står och kickar på en opumpad boll så går den ner direkt och om den är pumpad så flyger den ju uppåt.*

*Stellan: Lättare. Det är mer luft i den hårda.*

*Kristina: Vi har då trott att den väger mer bara därför att hennes mamma hade gjort ett experiment med en pinne med en ballong med luft och en utan luft. Då vägde den med luft mer.*

*Rosa: Jag tror att den blir lika tung för att bollen väger lika mycket ändå bara att det blir mer eller mindre luft inuti.*

I stort sett alla elever tror, innan vi gjort försöket, att fotbollen blir lättare. Något förvånande är det, att de säger att luft inte väger något, och att fotbollen därför blir lättare. Några elevgrupper talar om att luft inte väger något, så vikten är den samma. Andra tänker på sina erfarenheter från lek att en hårt pumpad boll studsar högre – den är alltså lättare än en som inte är så hård. En grupp flickor hänvisar till ett experiment med ballonger och en blompinne som mamman till en av dem visat. De kopplar samman detta experiment med fotbollen som de tror blir tyngre. Det experiment som Kristina talar om beskrivs ovan och kan ge till resultat att ballongen väger lite mer.

När eleverna upptäcker att fotbollen blir tyngre blir många överraskade, och flera elever vill titta på vågen om det verkligen stämmer. Nedan följer några exempel på hur några elever förklarar varför den blir tyngre.

*Rune: Koldioxiden flyger ut och så kommer luften in.*

*Roger: Det är mer massa. Det är mer luft som väger mer.*

*Alma: När man pumpar in mer så sätter sig molekylerna närmre och då blir det tyngre – Det kommer in fler.*

*Lukas: När man pumpar den väger den mer För den väger mer när det är mer luft i den*

Några elever talar om att det kommer in mer luft och att luft väger, och då blir bollen tyngre. En elev använder en partikelförklaring, som både innehåller att luften kan komprimeras eftersom molekylerna kan komma närmare varandra, och att molekylerna har vikt, och då blir bollen också tyngre.

I en av klasserna kommer en intressant diskussion upp, när jag försöker beskriva hur mycket luft som jag pumpar in. Jag använder likheten med två mjölkpaket fyllda med luft för att visa hur mycket luft som jag tänker pumpa in. Rickard, som går i trean, reagerar på att jag säger att jag ska pumpa in två liter luft, lika mycket som två mjölkpaket med luft.

*Richard: Det går inte att pumpa in två liter luft i den. Det går bara inte.*

*Bengt: Jag tror inte heller att det går.*

*Richard: Om man jämför med en mjölkpaket ...*

*Jag: Mjölken i mjölkpaketer kan man inte trycka ihop som man kan med luft. Jag kan trycka ihop fotbollen rätt mycket.*

Richard är inte övertygad om att man kan pumpa in två liter luft i fotbollen.

Bilden med mjölkpaketen jag använder uppfattas kanske av Rickard, som att det är en volym motsvarande de två paketen, som ska in i bollen. Så mycket får det inte rum i bollen. Han kanske associerar till mjölken och inte till luften som gas. Det kan vara nära till hands, att tro att han inte tror att luften kan pressas samman. Jag försöker övertyga honom om att det är

skillnad på mjölk och luft. Trots detta är inte Rickard övertygad om att det är möjligt att pumpa in två liter luft i bollen. Han ser sedan att jag pumpar in luft i bollen, och att den blir hårdare och tyngre, men jag är inte övertygad om, att han förstår min bild med mjölkpaketet.

Set förklarar det som sker när man pumpar cykeln på samma sätt som fotbollen.

*Jag: Hur är det när du pumpar cykeln då.*

*Set: Då blir däckets lättare.*

### **Fjärde intervjun**

Eftersom nästan alla elever före försöket har uppfattningen att bollen blir lättare, väljer jag att ta upp experimentet med bollen vid nästkommande intervju. Jag ber eleverna förklara, dels varför många av dem trodde att den skulle bli lättare, och dels varför den blev tyngre.

*Jane: Det vet jag inte. Den blir tungare. Luften väger ju också men den väger inte här (i luften) för då kan den vara fri. I fotbollen blåser man in den så att den packas då väger den mer.*

---

*Jag: Varför tror du att man tror att den blir lättare?*

*Maja: För att innan så kanske den är mer i hoptryckt. Sen så kom det luft i den så blir det liksom större och när det är hoptryckt så väger den mycket mer.*

*Jag: Kommer du ihåg hur vi förklarade att den blev tyngre?*

*Maja: Det är för att den luften väger något – det var många molekyler som pressades ihop.*

*Jag: Trodde du att det skulle bli lättare eller tyngre?*

*Maja: Jag trodde nog att det skulle bli tyngre.*

---

*Jag: Varför tror du att man tror att den blir lättare?*

*Finn: Det är bara för att ballongen när man fyller en ballong då brukar den sväva mer. Det är därför många trodde att den skulle bli lättare.*

*Jag: Ja det var många som trodde det. Kommer du ihåg varför den blev tyngre.*

*Finn: Det vet jag inte redigt. Det var luften packades så att den blev tyngre på något sätt.*

---

*Glen: Ja för att när den inte är pumpad så är den så ihopapressad. När man pumpar den så växer den ut och den blir lättare när den blir större.*

----

*Jag: kan du förklara varför den blir tyngre?*

*Alf: Det är mer luft i.*

----

*Leif: Det är att luft inte väger något och när mycket luft samlas så kanske det blir lättare. Om man blåser upp en ballong så det när man inte blåst upp den så det sånt gummi som kan töja sig och när man blåser in luft så blir väggarna tunnare och då väger den mindre. Det är likadant med fotbollen.*

Jane, Maja och Glen talar alla om att fotbollen blir tyngre, eftersom luften komprimeras. Detta kan dels bero på, att de menar att man får in mer luft i fotbollen, och att den därför blir tyngre. Det kan också bero på, att de tänker på bollen på samma sätt som något ”luftigt material”, som man pressar samman och som då blir tätare och får högre densitet. Den blir tyngre enligt detta synsätt. I något fall är det oklart om de menar att det är komprimeringen eller att det är mer luft i fotbollen som orsakar ökningen av vikten. Maja och några andra elever talar om att det kommer in fler molekyler, och därför blir bollen tyngre. De flesta elever talar annars om att det kommer in mer luft eller att luft har vikt. Endast några få elever saknar förklaring till varför bollen blir tyngre.

Eleverna får också förklara varför de tror att så många på lektionerna trodde att bollen skulle bli lättare. Leif och Set jämför fotbollen med en ballong och talar om, att ballongen stiger när man pumpar in luft eller att den då känns lättare. Andra vanliga förklaringar till varför så många trodde att bollen skulle bli lättare, är att de säger att bollen studsar bättre efteråt, eller att luft inte väger något eller bara lite. Ett par elever hade ingen förklaring till varför man tror att den blir lättare.

Jane talar om att luften i rummet inte väger något. Detta fenomen, som eleverna känner igen, förklaras av att luftens tyngd och den lyftkraft som luften utsätts för är lika stora, och då märker vi inte att luften väger något.

Endast ett par elever har invändningar mot min beskrivning av vad som händer med fotbollen. I stort sett alla andra har någon förklaring som stämmer med den vi talat om på lektionen. Kopplingen mellan lektionen och intervjusituationen är här klar, eftersom vi hela tiden talar om fotbollen på lektionen.

### 15.3 Kemisk reaktion

I flera studier t ex Andersson (1990), Griffith (1994), Hesse och Anderson (1992), Holding (1987), Johnson (2000b) samt Stavridou och Solomonidou (1998) redovisas elevers svårigheter att förstå vad som sker vid kemiska reaktioner. Elever blandar ofta också samman kemisk reaktion med fysikaliska förändringar.

Jag har studerat resultat och slutsatser i tidigare studier och bestämmer mig för att, trots de problem som elever har, ta med kemisk reaktion som ett tema under mina lektioner. Jag har då följande utgångspunkter för arbetet med kemisk reaktion

- att lägga upp inslagen om kemisk reaktion som en spiral (Se redovisningen av nyckelidéer och Le Maréchal-schemat i resultatredovisningen om kemisk reaktion.)
- att vänta med begreppet till tredje undervisningssekvensen och då tala om att ämnen reagerar
- att använda vardagliga ämnen i nya situationer, t ex blåbär och lingon som ändrar färg
- att be eleverna beskriva vad som sker och varför det sker
- att endast diskutera reaktioner mellan två olika ämnen
- att diskutera situationer som innebär kemiska reaktioner vid lektionerna utan att tala om begreppet kemisk reaktion.

I kapitel 6 beskrivs utgångspunkterna för introduktionen av kemisk reaktion och hur jag arbetar med det under lektioner och intervjuer.

Här beskriver jag lärandesituationerna med utgångspunkt från diskussioner i några grupper vid ett tillfälle i första och ett i den tredje undervisningssekvensen. Jag beskriver diskussionen mellan elever och då speciellt när de talar om något som kan tolkas som tecken på kemisk reaktion. Det kan vara att de talar om nya ämnen som bildas eller att ämnen växelverkar.

Det första exemplet är hämtat från den tredje lektionen i första undervisningssekvensen. Eleverna får i uppgift att beskriva vad som händer när man blandar två pulverformiga ämnen. De börjar med ett vitt pulver, socker, och ett rött pulver, kajennpeppar. Eftersom det inte ser ut att hända något, så fortsätter eleverna att mala samman pulvren med en sked. Några grupper börjar lukta på det, och de diskuterar om de vågar smaka på blandningen. De använder också den lupp som jag lagt ut på deras bricka. När de sedan får två vita pulver, blynitrat och kaliumjodid, blir de överraskade över att det blir gult, när de mal samman pulvren med en sked. Den kraftiga färgen gör att alla ser att det händer något. Vi talar om att det måste vara något annat än det vi hade från början, och jag frågar grupperna var den gula färgen kommer ifrån. Några grupper kommer fram till att den finns inuti ett av ämnena, och att den kommer fram när man blandar dem. Detta kan innebära att de inte tänker sig någon form av växelverkan mellan ämnena, men att det gula kommer fram eller kläms fram när ämnena blandas. Vi prövar att mala sönder de vita pulvren var för sig, men vi hittar inget gult inuti de vita kornen. Några elever knyter an till molekyler som vi talat om vid förra lektionen. De säger att molekyler kanske blandas, och en annan grupp anger att molekylerna öppnar sig och sprutar ut färg. De flesta grupperna har ingen förklaring alls till varför det blir en gul färg.

Vid detta tillfälle får eleverna också i uppgift att se vad som händer, då man blandar lingonsylt med tvättmedel. De gröna lingonen förvånar många, och de säger att det inte är lingon eftersom de är gröna. Någon grupp har en idé, att det är något speciellt ämne i lingon, eller att det är tvättmedlet som ger färgen. Eleverna diskuterar om man kan äta lingonen, när de nu har en annan färg.

Sammanfattningsvis för dessa båda exempel så ser eleverna klart att det blir en annan färg, och att något har hänt med åtminstone ett av ämnena. Färgändringar är tydliga tecken på att kemiska reaktioner sker.

Eleverna har både vid första och andra undervisningssekvensen blandat ämnen och diskuterat vad man ser. Vid den tredje introducerar jag ett begrepp som beskriver detta. Jag säger att ämnena ”reagerar”. Som introduktion till detta får alla grupper en bit stålull som de lägger i lite kopparsulfatlösning. Vid den reaktion som sker, blir vätskan varmare, stålullen blir kopparfärgad, och den blå färgen hos kopparsulfatlösningen blir ljusare och ljusare. Eleverna har också tillgång till en termometer som de får använda om de vill. En av grupperna börjar tala om den röda stålullen:

*Siv: Stålullen blev röd – rostig.*

*Jag: Är det rost eller något annat?*

*Leif: Det är koppar som färgar av sig. Det är ju kopparsulfatlösning som färgar av sig på den. Eller så har den kanske löst sig. Den har stigit med 10 grader. Sen börjar den lösas upp.*

Leif börjar tala om koppar, trots att kopparsulfaten är blå. Han ser en koppling mellan koppar och kopparsulfat. Han diskuterar hur färgen kommer från vätskan till stålullen. Det finns inslag av växelverkan i beskrivningen av vad som sker mellan den blå kopparsulfatlösningen och stålullen som han tycker börjar lösas upp. Temperaturökningen tycks han inte koppla till

det andra som sker. Temperaturökningen observeras och kommenteras av några andra grupper också, men nästan ingen kopplar samman den med det som sker med stålullen eller färgen. En annan grupp kommer också in på likheten med rost:

*Carl: Den (stålullen) löses upp rätt så mycket så färgen i vattnet blir mer genomskinlig.*

*Bror: Den tappar ull.*

*Carl: Den (vätskan) blir ljusare och den blir ljusröd.*

*Bror: Den (stålullen) börjar rosta.*

Gruppen blir sedan överens om att det är rost som bildas. Här är det två elever som diskuterar vad som sker, och de kompletterar varandra efter hand. Några andra grupper fastnar också för den blå färgen som blir allt svagare och svagare. Någon säger att den blå färgen sugas in i stålullen så att den blir röd, och andra talar om rost. Järn brukar rosta, så det ligger nära till hands att man tror att stålullen i vattnet rostar. Det finns också fler elever än Leif som talar om att det är koppar. När jag frågar en elev var kopparn kommer ifrån, visar eleven flaskan med kopparsulfat. En annan grupp säger att det blir precis som koppar.

Eleverna berättar vad man sett och diskuterat i grupperna. Deras redovisningar används för att införa begreppet ”reagera med”. Vi talar om hur man ser att ämnen reagerar med varandra. Det kan t ex bli en annan färg, det kan bli en gas eller det kan bli varmt. Denna del av lektionen avslutas med att eleverna får använda sitt ”reagera med”-begrepp för att beskriva hur man kan se att några ämnen som de blandar reagerar med varandra. De blandar följande ämnen och redovisar resultaten skriftligt för mig:

1. blåbärssaft och sodapulver
2. ättika och soda
3. ”ettan” och ”tvåan” – blynitrat och kaliumjodid som hålls i två högar i en liten skål med vatten och ger upphov till ett rak gul streck mellan högarna.
4. vatten med ”ettan” och salt i två högar.

Instruktionsbladet finns i bilaga 6.

I exempel 1, 3 och 4 ändras färgen och i 2-an bildas gas. Pulvren i experiment 3 håller jag i elevernas skålar. Grupperna skriver ner sina svar på instruktionsbladet.

Blåbärssaften blir mörkare av den basiska sodan. Eleverna talar dels om färgändringen, och dels ser några av dem att sodan försvinner eller att den blir hård. En grupp talar om att sodan sprider sig med molekyler ut mot sidorna och en annan, att det som händer med blåbärssaften och sodan beror på molekylerna. Samtliga grupper beskriver hur de ser att något reagerar. En del grupper nöjer sig med att färgen ändras, men många funderar lite mer på varför det händer något.

Sodan reagerar med den sura ättiksyran, och det bildas bland annat koldioxid. Man ser bubblor som stiger upp. Några grupper skriver om att kolsyra bildas. Troligen ser de likheter med gasbubblorna i läsk. Det är inte troligt att de känner till att det bildas koldioxid här. De talar om att det sväller när gasbubblorna lyfter skum från vattenytan. Andra talar om att det brusar, fräter eller fräser och bildas kolsyra. En grupp talar om att kolsyran kommer från ättikan. De känner igen kolsyran från gasbubblorna i läsk, och eleverna tänker ofta på kolsyra när de ser gasbubblor i en vätska.

I det tredje försöket är det några grupper som talar om att det ena ämnet försvinner och att gult kommer fram. Det kan bero på att de ser reaktionen som att bara det ena ämnet berörs, eller att det ena ämnet är mer lösligt i vatten och försvinner snabbare. I detta exempel sker reaktionen en bit från högarna, och det kan vara svårt att koppla samman de båda högarna med det de ser hända.

*”Tvåan” blir helt gul och sprider sig över hela skålen. Med ”ettan” händer ingenting.*

*”Ettan” blir genomskinlig men ”tvåan” är fortfarande vit. Sen blir det gult i burken som sprider sig ut över ”ettan”.*

Några elever säger att det gula ämnet bildas då molekyler möts. Kommentarererna nedan visar, att de kan använda sitt partikeltänkande även till att förklara det som sker vid kemiska reaktioner. Vi har inte diskuterat detta under lektionerna, utan det är elever som byggt upp sina molekylbegrepp så att de är användbara även för detta.

*Pulvret lägger sig först på botten. Sen börjar det bli gult. Ena högen försvinner. När pulvrena möter varandra så byter molekylerna plats.*

*När molekylerna blandas blir det ett vitt streck (vatten med ”ettan” och salt i två högar).*

*Molekylerna går ihop och bildar en gul massa.*

*Molekylerna från de olika pulvren blandas och det blir en gul massa.*

*De (molekylerna) slås ihop och sen blandas ett gult ämne.*

*Det bildas någon gul grej när molekylerna möts.*

Eleverna har i uppgift att beskriva hur de ser att ämnena reagerar med varandra, och alla grupper kommenterar den gula färgen. Dessutom försöker några förklara det som sker. I diskussionerna i flera grupper försöker man tillämpa sin molekylmodell. Jag har inte tagit upp partikelmodellen i anslutning till arbetet med reaktioner, men det är ändå flera grupper som försöker göra det.

### Sammanfattning

Forskningen om elevers föreställningar om begreppet kemisk reaktion redovisas i kapitel 4. Elevernas kommentarer och förklaringar till kemiska reaktioner vid intervjuerna redovisas i kapitel 11. Det är fler elever, som talar om molekyler när de förklarar det de ser hända här, än det är vid intervjuerna. Det kan bero på, att vi har talat om molekyler i andra sammanhang tidigare under undervisningssekvensen. Det kan också bero på, att eleverna i diskussionen med kamraterna i gruppen tar fram sin molekylmodell och prövar den i diskussionen i gruppen. En annan orsak kan vara att de här genomför experiment som de talar om. De får också formulera sig skriftligt inom gruppen. Bubblandet och de överraskande färgändringarna kanske påverkar deras val av förklaringsmodell. Elever talar ofta om molekyler i ett av experimenten men inte i de andra. Några grupper gör det när de talar om andra experimentet och andra grupper i det tredje. Experimentet med de två vita pulvren, som bildar ett gult ämne, tycks stimulera eleverna att tänka på växelverkan mellan ämnena. Man ser också att det gula ämnet kommer gradvis, så att det gula strecket byggs upp efterhand. I förklaringarna dyker det också upp kommentarer, där eleverna använder sina molekylmodeller.

## 16 Fallstudier

Det ligger utanför avhandlingsområdet att studera enskilda elever i sin helhet, men jag ger exempel på hur man skulle kunna följa enskilda elever i studien från de olika utgångspunkterna i analysen. Eleverna som redovisas, har valts eftersom deras utveckling är intressant och för att de även representerar andra elever i gruppen. I resultatgenomgången i kapitel 9-15 redovisas utvecklingen för enskilda elever från respektive utgångspunkt. I kapitel 9 beskrivs hur eleverna använder sina partikelmodeller vid de olika intervjutillfällena. Vid varje intervju sammanfattas hur eleverna i sina beskrivningar och förklaringar av de situationer som presenteras använder dessa partikelbegrepp. Partikelbegreppet är centralt i studien och det återkommer i flera olika resultatredovisningar. De som talar om molekyler när de beskriver t ex gaser och kemiska reaktioner tilldelas den kategori som har högsta kvaliteten i respektive kategorisystem.

### 16.1 Alma

I tabell 70 redovisas Almas utveckling enligt de kategoriseringar som gjorts under studien. I diagrammen är den kvalitativt lägsta kategorin nederst och den högsta överst. Vid kategoriseringen av beskrivningarna av kemiska reaktioner väljs den högsta nivån vid respektive intervju som kategori. I kapitel 11 visas att beskrivningarna av kemiska reaktioner är starkt knutna till den situation som beskrivs, men den högsta nivån vid respektive intervju ger ändå en bra bild av utvecklingen av elevens förståelse. Jämförelser av utvecklingen nedan beskrivs från kvalitativa utgångspunkter.

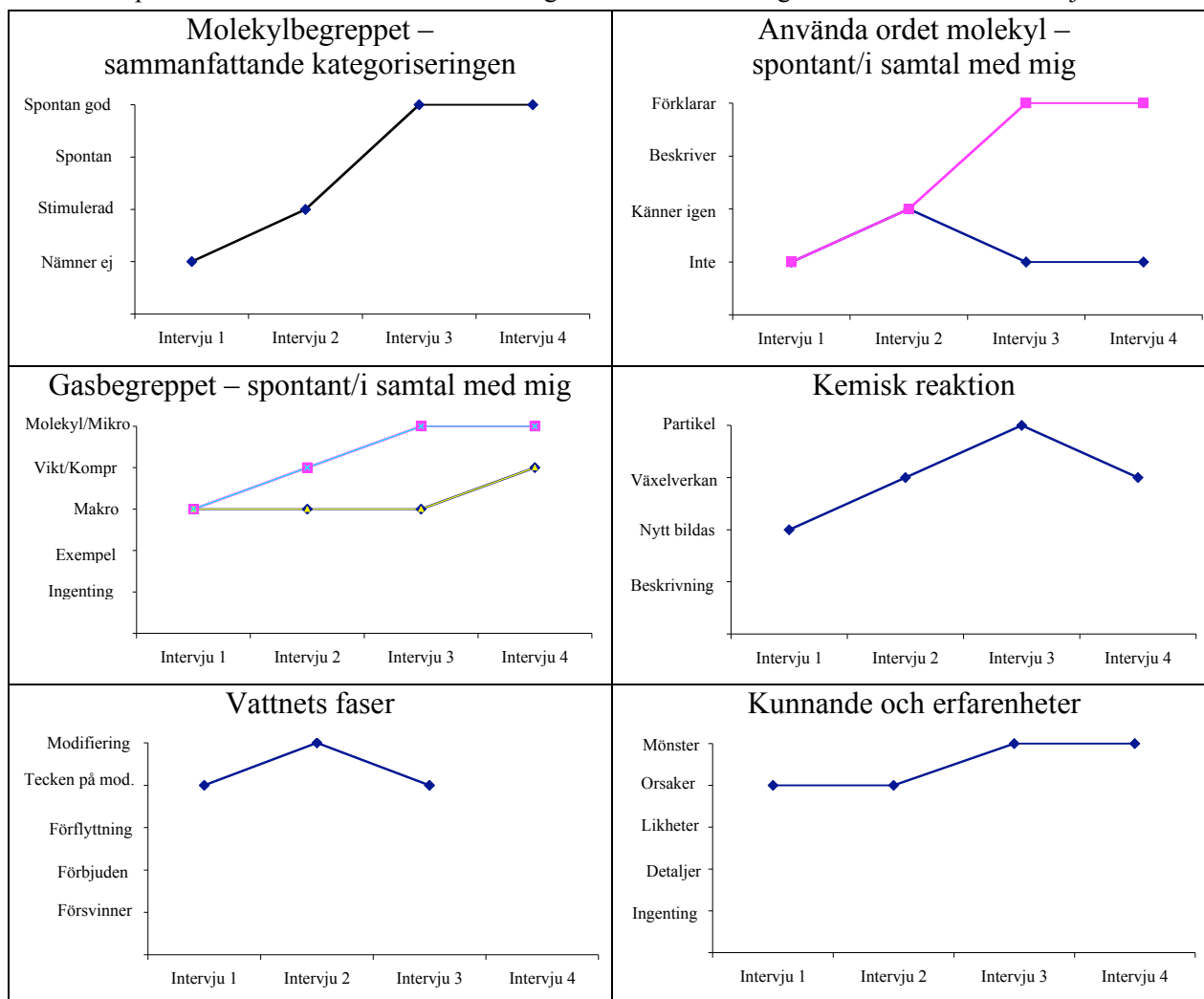
Jag utgår från utvecklingen av Almas användning av sitt molekylbegrepp som den beskrivs med den sammanfattande kategoriseringen och jämför med de andra utgångspunkterna. Alma tar ganska snabbt till sig idén om molekyler och har vid tredje intervjun en modell som hon använder efter påverkan för att tala om de presenterade situationerna. I de båda avslutande intervjuerna tilldelas hon *spontan god*. Utvecklingskurvan för hur Alma talar om gaser är intressant att jämföra med kurvan för hur hon använder sitt partikelbegrepp i samtal med mig. Kategoriseringen av de spontana beskrivningarna av gaser är emellertid förskjuten så, att hon talar om egenskaper som gasers vikt först vid den fjärde intervjun.

Analysen av beskrivningarna av kemiska reaktioner visar att dessa påverkas starkt av kontexten. Detta kan vara orsaken till att Alma vid den tredje intervjun talar om partiklar eller molekyler, medan hon vid den fjärde intervjun talar om växelverkan. Alma ligger alltså på de båda högsta nivåerna på de tre avslutande intervjuerna och detta påminner om utvecklingen av molekylbegreppet i samtal med mig.

Situationerna med vattnets kretslopp analyseras i första hand från makroskopiska skeenden och molekylbegreppet är inte med i analysen. Alma ligger vid alla de tre aktuella intervjuerna på någon av de högsta kategorierna. Jag tolkar det som att ett kunnande om materiens byggnad hjälper eleverna att även förstå makroskopisk skeenden. Våra diskussioner vid lektioner och intervjuer kan också göra att eleverna blir vana att försöka förklara det de ser ske.

Under alla intervjuerna ligger Alma på de båda högsta nivåerna i kategoriseringen av hur hon använder och hänvisar till sina erfarenheter när hon talar om de situationer vi diskuterar. Hon utvecklar sin användning av erfarenheterna så att hon vid de båda avslutande intervjuerna beskriver mönster eller början till samband eller regler.

Tabell 70 Kategorisering av Almas beskrivningar från olika utgångspunkter. I diagrammen där både den spontana beskrivningen och beskrivningen i samtal med mig presenteras ligger den spontana under eller på samma nivå som i samtal med mig. Vattnets fasändring avser de tre första intervjuerna.



### 16.1.1 Exempel från intervjuerna med Alma

Vid de första två intervjuerna säger Alma att hon ser dimma om hon tittar med magiska glasögon. Vid tredje intervjun säger hon först samma sak men säger sedan att man skulle se små bollar. Hon förknippar dessa med sitt molekyllbegrepp. I den fjärde intervjun säger hon inget om dimma utan talar om små vattenbubblor som hon säger kallas molekyll.

Alma talar vid första intervjun om ånga som kommer från det som luktar. Vid den tredje talar hon om gaser i stället.

Första intervjun:

*Alma: Det är ånga av nåt slag.*

*Jag: Menar du vattenånga eller något annat?*

*Alma: Ja det är en doft eller vatten och doft*

Tredje intervjun:

*Det är nåt, en gas som kommer från teet.*



Almas beskrivningar av vad som sker när en järnbit rostar respektive en bit magnesiumband läggs citronsyra har likheter. Hon beskriver det som att vatten påverkar det fasta ämnet.

*Därför att – den får vatten på sig (järnbiten vid andra intervjun).*

*Den blir blankare. Citronsyrans som kanske fräter lite (magnesiumbandet i citronsyralösning vid fjärde intervjun).*

Alma funderar vid intervjuerna över vad som händer med det som brinner. Ibland säger hon först att det försvinner men tänker sedan efter och kommer med en ny förklaring.

*Det försvinner – nej det försvinner inte utan det krymper när elden kommer dit (brinnande papper vid första intervjun).*

*Det blir ånga. Det är lite vatten i bensinen (brinnande bensin vid andra intervjun).*

*Alma: Det kommer att brinna upp. Kanske blir lite svart – men en del försvinner.*

*Jag: Vad innebär det att det försvinner?*

*Alma: Det brinner upp.*

*Jag: Vad innebär det att det brinner upp?*

*Alma: Det finns ute i luften kanske (brinnande papper vid tredje intervjun).*

*Jag: Det blir imma eller vatten här på väggarna. Var kommer det ifrån?*

*Alma: Från elden. Eller från bensinen som när det blir varmt så avdunstar det.*

*Jag: Är det bensin i de här dropparna?*

*Alma: Nej jag tror att det är vatten (brinnande bensin vid fjärde intervjun).*

I diskussionen om den brinnande bensinen talar Alma om att det kan finnas vatten i bensinen och att det är detta vatten som sätter sig som imma på glasburkens väggar. Vid första intervjun kopplar hon samman vattnet på glasväggarna med vatten som man använder när man stöper ljus.

### 16.1.2 Sammanfattning

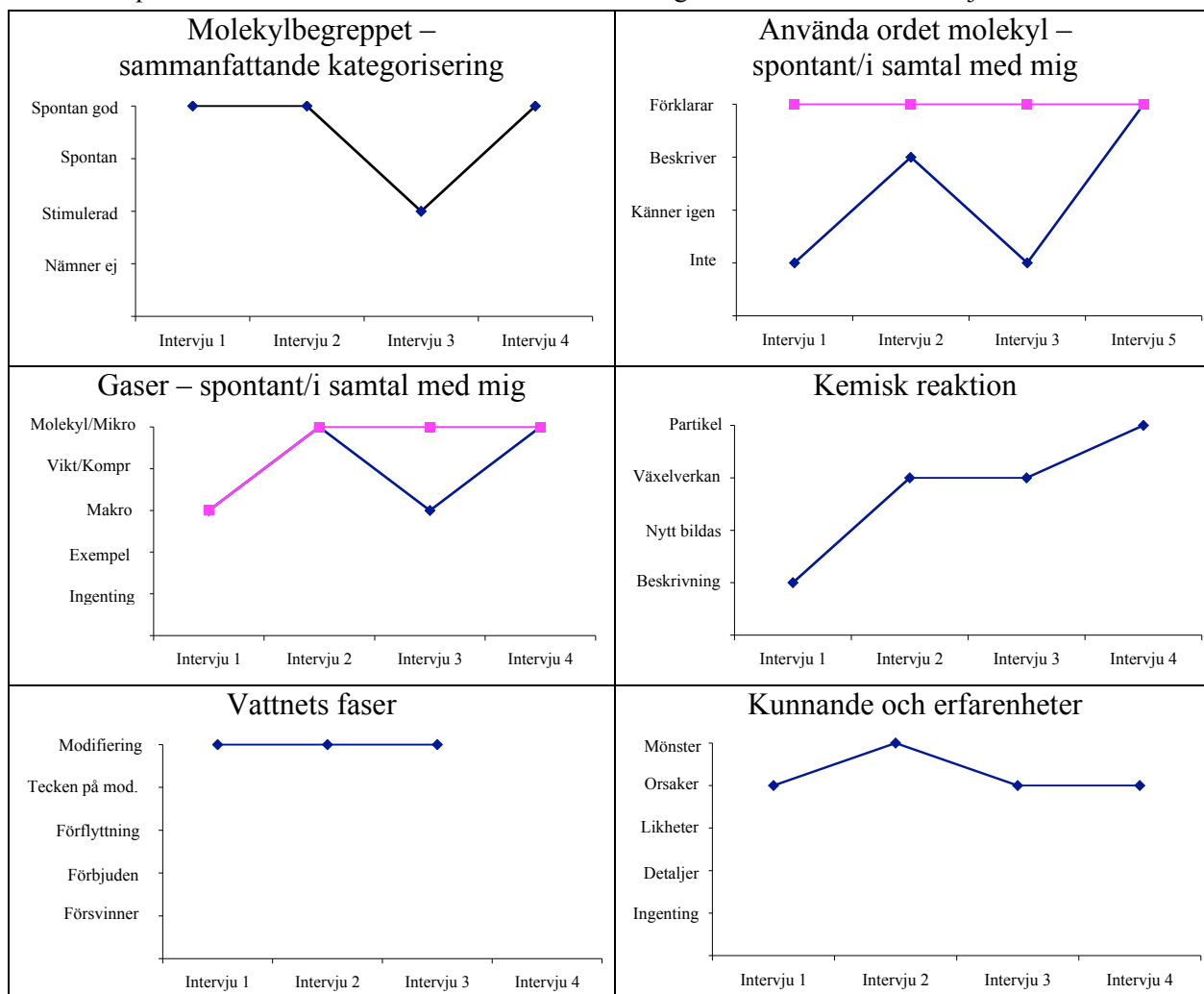
Alma talar ingenting om molekyler vid första intervjun. Detta betyder inte att hon inte redan har någon molekylmodell. Hon utvecklar sin molekylmodell snabbt under projektet och använder den i olika sammanhang. Det finns enligt kategoriseringen ett samband mellan utvecklingen av hennes molekylbegrepp och hur hon talar om gaser, vattnets kretslopp och hur hon kan koppla det vi talar om till sina tidigare erfarenheter. Förklaringarna av kemiska reaktioner är starkt knutna till den situation som diskuteras. Kategorin för förklaring av kemisk reaktion vid en intervju väljs som den högsta kategorin för de 2-3 olika situationer som diskuteras vid denna intervju. Man kan kanske därför se ett samband även mellan utvecklingen av molekylbegreppet och förklaringarna av kemiska reaktioner.

Alma svarar ofta kortfattat och klart på mina frågor. Hon diskussioner inte så ofta med sig själv men utvecklar sina förklaringar när jag påverkar henne med mina frågor. Ibland återkommer teman i hennes förklaringar när jag ber henne kommentera samma situation som vi diskuterat ett år tidigare. I mina utdrag ur intervjuerna finns exempel på dessa teman t ex att vatten finns i bensin och stearin och detta försvinner ut i luften då ämnet brinner.

## 16.2 Disa

I tabell 71 redovisas Disas utveckling enligt de kategoriseringar som gjorts under studien. I diagrammen är den kvalitativt lägsta kategorin nederst och den högsta överst. Jämförelser av utvecklingen beskrivs från kvalitativa utgångspunkter.

Tabell 71 Kategorisering av Disas beskrivningar från olika utgångspunkter. I diagrammen där både den spontana beskrivningen och beskrivningen i samtal med mig presenteras ligger den spontana underst eller på samma nivå som i samtal. Vattnets fasändring avser de tre första intervjuerna.



Disa har hört talas om molekyler när vi träffas vid första intervjun. Hon tilldelas också högsta kategorin vid tre av de fyra intervjuerna i den sammanfattande kategoriseringen. Den lägre nivån vid den tredje intervjun kommer fram även i analysen av hennes spontana användning av sitt molekylbegrepp och i hennes spontana beskrivningar av gaser. Däremot påverkas inte hennes beskrivningar i samtal med mig där hon tilldelas högsta nivån vid samtliga intervjuer. Detta kan tyda på att hon har kunskaper som motsvarar den högsta nivån vid samtliga intervjuer, men vid den tredje intervjun använder hon dem inte förrän efter den påverkan som mina följdfrågor innebär. Detta framgår också av den sammanfattande kategoriseringen. De lägre värdena kan ha flera olika orsaker och man kan inte dra några slutsatser att Disa har sämre kunskaper vid den tredje intervjun. I den longitudinella utformningen av studien är den långsiktiga utvecklingen intressantast.

Disa har hela tiden goda kunskaper om förändringar som innebär att vatten förångas. Det har hon redan vid första intervjun så man kan inte säga något om vilken påverkan projektet inneburit för detta. Disas förklaringar av kemiska reaktioner ökar i kvalitet under perioden. Hon tilldelas kategorin *växelverkan* redan vid andra intervjun och vid den fjärde intervjun kan hon använda sitt partikelbegrepp i sina förklaringar.

Disa visar god utveckling av sin förståelse från de utgångspunkter som redovisas ovan men i kategoriseringen av hur hon använder sin erfarenhet så har hon *mönster* vid andra intervjun och i övrigt *orsaker* som högsta nivå. I intervjuerna ber jag inte eleverna att formulera mönster i sina iakttagelser och jag ställer inte frågor om hur det som eleverna säger påverkar andra situationer än dem vi talar om. Om jag ställt följdfrågor med den avsikten hade kanske Disa sett de samband som kategorin *mönster* motsvarar i fler intervjuer. Kategoriseringen av hur hon använder sitt molekylbegrepp och hur hon talar om gaser visar att hon stimuleras att använda sin kunskap i samtal med mig.

### 16.2.1 Exempel från intervjuerna med Disa

Disa är en elev som har hört talas om molekyler när vi träffas vid första intervjun. Hon är också en av de elever som har en del andra intressanta kommentarer vid intervjuerna. Nedan följer utdrag från de fyra intervjuerna med Disa och en diskussion av Disas utveckling med utgångspunkt från dessa utdrag.

Disa talar vid första intervjun om att hon hört någon tala om molekyler när de talar om avdunstning och hur det blir regn.

*Det är att små molekyler eller vad det är som ja det är små jättesmå vattendroppar som kommer från marken så kommer de upp och så bildar de moln. Fast de har inte kommit ut så därför fastnar de där.*

Hon säger nästan samma sak om regnet vid första intervjun som vid den fjärde. Vid den fjärde så funderar hon vidare lite på om hennes teori stämmer. Om det bildas stora droppar av många molekyler så blir det regn men då tycker hon att det borde regna hela tiden.

*Det är kanske så att det är molekyler i luften. Det är det nog. Så liksom åker de ihop i en enda klunga och så blir det stora droppar. Så börjar det regna ner. De kan inte sväva mer. Det är liksom problemet där att det borde ha regnat hela tiden ju. Men molekylerna måste ju komma från nåt.*

I sin diskussion om regnet så konstaterar Disa att molekylerna måste komma någonstans ifrån. Senare i samma intervju frågar hon sig vad molekyler egentligen är bra för och kommer fram till att vi andas in dem.

*Ser man inte. Men de liksom bara svävar runt – de gör nog ingen speciell nytta men när vi andas och så.*

Hon säger att det bildas molekyler när bensinen brinner. Molekyler som bildas talar hon också om vid andra intervjuer, t ex av vattnet som avdunstar från diskbänken Det är oklart om hon tror att det bildas nya molekyler eller om de bildas av andra molekyler.

*Det har väl torkat in. Det har väl torkat in i materialet eller så har det blivit molekyler som är i luften.*

Disa har många intressanta diskussioner om fenomenen där hon själv ofta går vidare i sina funderingar. Det handlar då inte om att hon använder sin partikelmodell utan att hon på olika

sätt diskuterar med sig själv olika hypoteser hon har. I första intervjun kommer hon in på parfym som luktar när vi diskuterar karamellerna som luktar. Hon försöker reda ut varför parfymen inte luktar så strakt när man är en bit ifrån den som har den.

*Man luktar på långt håll också. Parfymen kommer in i luften sen går den runt. Sen försvinner den och det luktar inte längre, när man kommer längre bort från personen.*

Disa liksom flera andra elever förknippar aska med trä och andra hårda ämnen som brinner. När hon talar om brustabletten i vattnet förklarar hon viktminskningen med att det finns "grejer" i tablettens som blir mindre.

Vid den tredje intervjun funderar hon över varför ett ljus som brinner blir mindre och mindre. Hon kommer fram till att det nog finns luft emellan som försvinner när ljuset brinner och då måste det bli mindre. Hon, liksom nästan alla andra, tror att ljuset kommer att brinna en stund efter att man satt glasburken över det. Hon motiverar det med att syre behövs och till slut finns det inte så mycket syre kvar i burken. Hon diskuterar om lukten kommer från koldioxid men kommer fram till att det kan det inte vara.

*Gas det är likadant som när man luktar på blommorna. Det kanske är koldioxid nej det kan det inte vara.*

Vid den fjärde intervjun finns ett annat exempel på en diskussion som Disa för och som leder fram till en egen slutsats. Hon jämför bensin som brinner och ett stearinljus som man tänder.

*Det är skillnad också men det kommer liksom upp.*

I diskussionen om bensin som brinner vid den fjärde intervjun har Disa högre kvalitet i sina kommentarer än vid de tidigare intervjuerna.

### 16.2.2 Sammanfattning

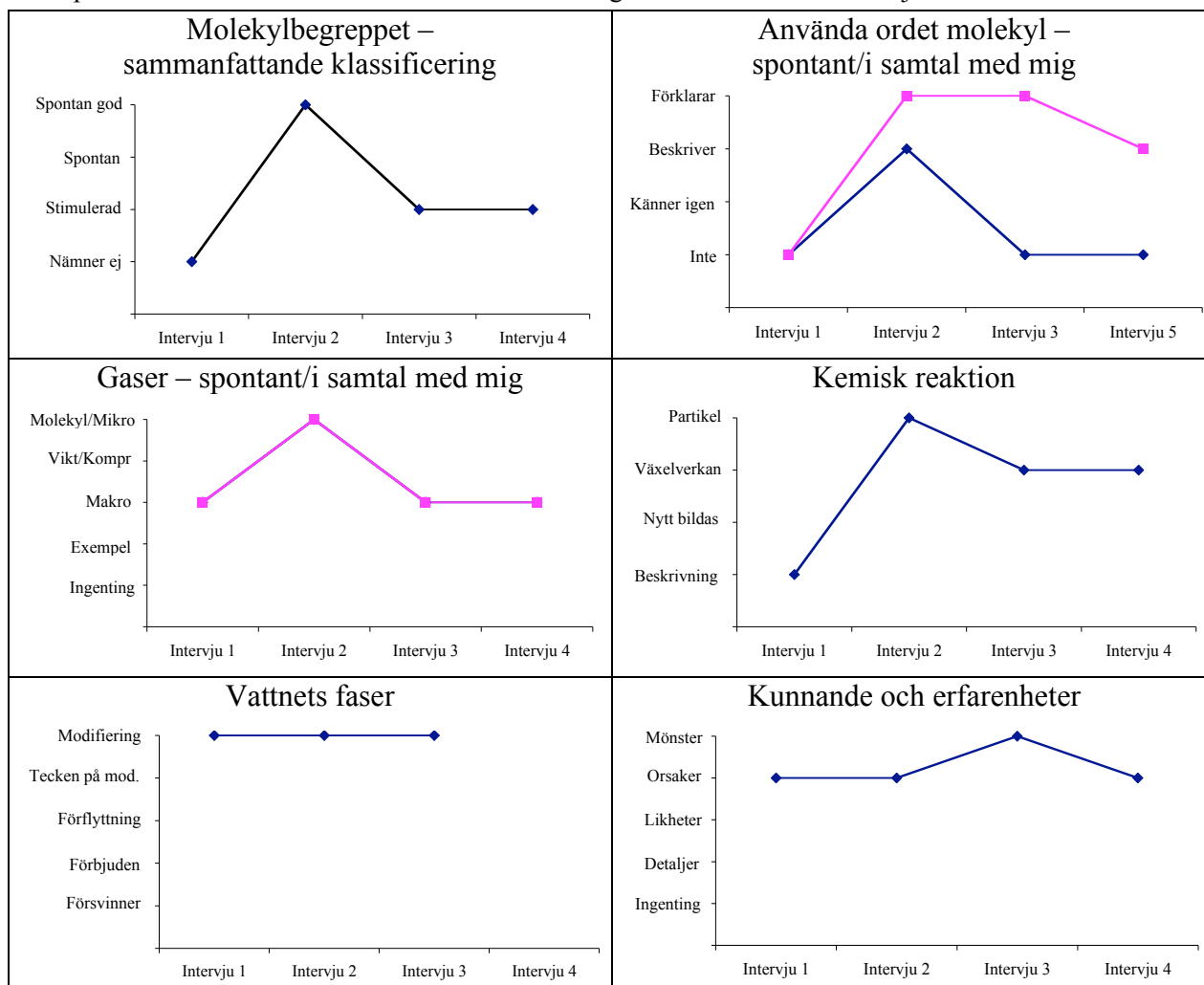
Disa vet en del om molekyler redan innan jag träffar henne och hennes klass. Hon använder sitt molekylbegrepp flera gånger vid första intervjun men inte lika mycket spontant vid de senare. Disa är en av de elever som har mycket egna funderingar och som formulerar både hypoteser och diskuterar dessa under intervjun. Man kan också se att dessa egna funderingar ökar i kvalitet under projektet. Man kan fråga sig om hennes kännedom om molekyler tyder på att hon har diskuterat vardagliga fenomen med vuxna tidigare och genom detta är van att använda kunskaper i no-ämnena för att tala om vardagliga fenomen. Disa är också mycket öppen och ställer ofta frågor till mig under intervjuerna.

### 16.3 Elis

Elis tilldelas *spontan god* vid andra intervjun men vid de följande intervjuerna bedöms han i kategorin *stimulerad*. Det är därför av intresse att studera hur hans beskrivningar varit från andra utgångspunkter.

Den höga nivån som Elis har vid andra intervjun och nedgången vid den tredje återkommer i många av de andra analyserna. Det gäller för hur han använder sitt molekylbegrepp spontant och hur han talar om gaser och kemiska reaktioner. Elis har högsta nivån vid alla intervjuer där vatten som avdunstar diskuteras. Vid samtliga intervjuer har Elis de båda högsta nivåerna på kunnande och erfarenheter. Se tabell 72.

Tabell 72 Kategorisering av Elis beskrivningar från olika utgångspunkter. I diagrammen där både den spontana beskrivningen och beskrivningen i samtal med mig presenteras ligger den spontana underst eller på samma nivå som i samtal. Vattnets fasändring avser de tre första intervjuerna.



### 16.3.1 Exempel från intervjuerna med Elis

Elis använder spontant sitt molekyllbegrepp tidigt under diskussionerna vid andra intervjun.

*Det kommer från bensinen liksom partiklarna från bensinen som sätter sig fast där precis som när det blir ånga.*

----

*Elis: Ja vattenmolekyler.*

*Jag: Hur kan man då se vattnet. Vi kan inte se vattenången i luften?*

*Elis: Jo men då har inte molekyllerna löst upp sig. Om det är varmt vatten då blir det mer liksom mellanrum mellan molekyllerna – om det är kallt så kryper de liksom ihop (brustabletten i vatten vid andra intervjun).*

Dessa båda uttalanden ligger till grund för *spontan god* kategorin vid andra intervjun. I det första exemplet använder han sin molekyllmodell för att beskriva hur det kan bildas vatten då bensin brinner. Förklaringen har brister eftersom det kan tolkas som att Elis menar att partiklarna från bensinen – alltså bensin – blir vatten. Han talar också om att det blir ånga som kan

tolkas som att det bildas ånga. Tidigare under intervjun har han talat om att det behövs syre för att bensin ska kunna brinna.

Under samtalet om brustabletten i vattnet använder Elis sitt molekylbegrepp när han förklarar varför man kan se vanligt vatten men inte vattenånga. Denna förklaring är en avbildning av hans erfarenheter från vardagsvärlden i partikelvärlden. Han använder ändå sitt molekylbegrepp för att förklara ett fenomen i vardagsvärlden. Av dessa båda exempel från den andra intervjun kan man kanske dra slutsatsen att Elis molekylbegrepp är utvecklat och saknar många viktiga komponenter. Det är emellertid intressant att se hur han trots dessa svagheter vid denna intervju prövar sitt molekylbegrepp.

Vid tredje intervjun har Elis en annan diskussion om varför man inte kan se ångan. Han talar om att det blir små som gas. Det är osäkert om han med detta menar att det bildas eller finns småpartiklar. Som gas kan också betyda att han menar att gasen är så tunn att man inte ser den. Detta senare tyder då inte på ett partikelbegrepp utan är mer en makroskopisk förklaring där han använder sin kunskap om gaser. Han fortsätter emellertid sitt sätt att diskutera sig fram till ett svar och det tycks som om han försöker använda sina nya kunskaper.

*Jag: Kan man se den här ångan här inne?*

*Elis: Nej man kan inte riktigt se ångan. Det blir som små som en gas. Nästan alla gaser kan man inte se jag tror att det är därför.*

Vid den fjärde intervjun återkommer han till detta.

*Jag: Det är bubblor, alltså en gas. Kan man se när gasen går upp i luften?*

*Elis: När den är i vattnet kan man se det men den är precis som om när den kommer upp i luften så blir den osynlig.*

Elis konstaterar här bara att man kan se gasbubblorna i vattnet men att de blir osynliga i luften. Elis förklarar liksom många andra elever vid den avslutande intervjun att bensinen kommer att brinna kvar en stund efter att jag satt glasburken över med att det finns syre i burken som förbrukas på något sätt.

*Jag: Kommer den att slockna med det samma eller efter ett tag?*

*Elis: Det tar en liten stund. Det finns lite syre i botten och när det tar slut slocknar bensinen?*

### 16.3.2 Sammanfattning

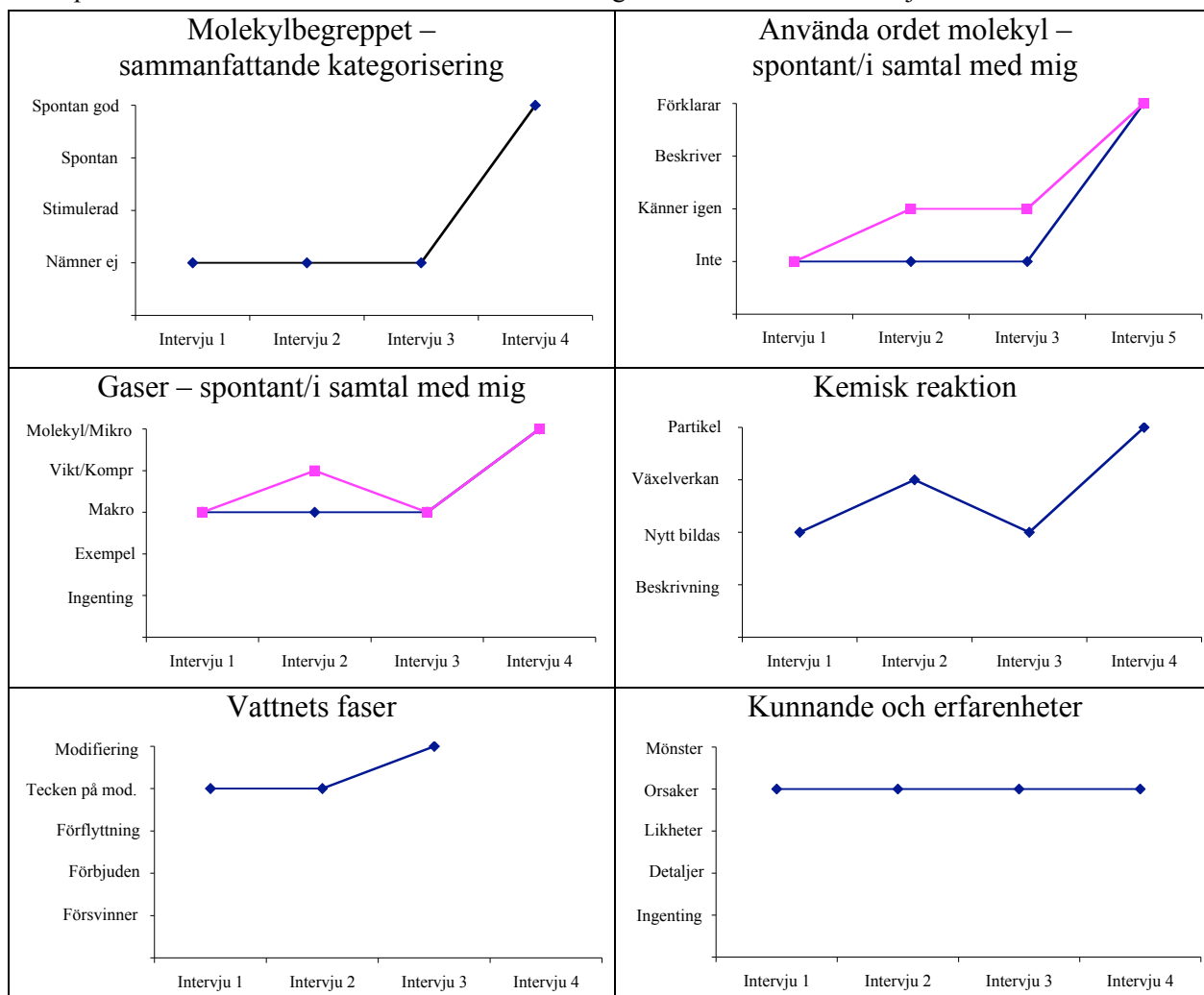
Elis diskuterar sig ofta fram till förklaringar av de situationer som diskuteras vid intervjuerna. Han använder då sina egna begrepp som han bygger upp efterhand. De prövas och utvecklas under intervjuerna. Detta är nog en av orsakerna till att han redan vid andra intervjun når kategorin spontan god. I de återkommande intervjuerna tilldelas han lägre kategorier men det kan också bero på att hans uttalanden ibland är extra svåra att placera. Om man strikt ser till det naturvetenskapliga innehållet så finns det ofta brister. Med sin inställning till att våga pröva sina modeller har han troligtvis stora möjligheter att utveckla sina begrepp så, att de både blir användbara för honom och mer och mer naturvetenskapligt riktiga.

## 16.4 Set

Set representerar de elever som inte använder sitt partikelbegrepp förrän i slutet av projektet. Han kan förklara skeenden som avdunstning och talar om nya ämnen som bildas där det sker

kemiska reaktioner redan i inledningen, men har då inget behov av att använda sitt molekylbegrepp. Se tabell 73.

Tabell 73 Kategorisering av Sets beskrivningar från olika utgångspunkter. I diagrammen där både den spontana beskrivningen och beskrivningen i samtal med mig presenteras ligger den spontana underst eller på samma nivå som i samtal. Vattnets fasändring avser de tre första intervjuerna.



Under de tre första intervjuerna tilldelas Set *nämner ej* och vid den fjärde den högsta nivån *spontan god*. Utvecklingen enligt den sammanfattande kategoriseringen liknar alla de andra utom den för *kunnande och erfarenheter*. Det sammanfattande perspektivets utveckling följer den för *använda ordet molekyl*. I detta fall är det en följd av utformningen av kategoriseringarna. Beskrivningarna av avdunstning ligger de två första intervjuerna på *tecken på modifiering* men på *modifiering* i den tredje intervjun. Den högre kvaliteten i den avslutande intervjun kan bero på, att utvecklingen av Sets molekylbegrepp gör, att han kan använda detta för att förklara avdunstning ännu mer utförligt. Under hela projektet tar Set sina erfarenheter till hjälp för att förklara de fenomen som diskuteras.

### 16.4.1 Exempel från intervjuerna med Set

Sets beskrivningar av det som sker när något brinner innehåller några återkommande teman,

Intervju 1:

*Jag vet inte riktigt men det var kanske vatten i papperet eller sånt. Det blev mindre och mindre för att det var vatten i det.*

*Det är luften i materialet som gör att det bildas vatten.*

Intervju 2:

*Bensinen åkte upp och avdunsta och blev vatten.*

Intervju 3:

*Det är lite luft i den så tar elden allt som finns kvar det blir mindre och mindre.*

Intervju 4:

*Jag: Det blir imma här, var kommer det ifrån?*

*Set: Molekylerna från bensinen.*

I de båda första intervjuerna talar Set om att något ämne försvinner från det som brinner. I den tredje intervjun talar han om att det finns luft och att elden påverkar det som brinner. Han talar alltså om att det finns både luft och stearinljus, men säger ingenting direkt om att de växelverkar. Hans beskrivning av lågan kanske är hans sätt att uttrycka växelverkan.

I de tre första intervjuerna säger Set inte något som tyder på att han använder sitt partikelbegrepp. I den fjärde finns emellertid flera exempel på att han nu känner sig så säker på sitt molekylbegrepp att han gärna använder det.

*Det är såna där molekyler som elden prickar.*

*Jag: Blir det aska när bensin brinner?*

*Set: Nej det är molekyler i det och det kommer upp i luften.*

*Jag: Det blir imma här, var kommer den ifrån?*

*Set: Molekylerna från bensinen.*

*Set: Molekylerna sätts ihop så blir de så stora så att det kan synas (om regn).*

Set använder nu sitt partikelbegrepp i flera olika sammanhang. I några av exemplena är det oklart vad han lägger för betydelse i begreppet. "Molekylerna i det" kan betyda att hans molekylbegrepp innebär, att det finns både vatten och vattenmolekyler i vatten.

### 16.4.2 Sammanfattning

Set tycks behöva många olika utmaningar och exempel på vad som ligger i det molekylbegrepp vi arbetar med, innan han kan använda det. I de första tre intervjuerna talar han inte alls om molekyler. Han känner igen ordet när jag frågar honom men kommer inte själv på vad vi kallar de små delar som bygger upp t ex vatten. I den fjärde intervjun talar han spontant flera gånger om molekyler och han använder sitt molekylbegrepp i förklaringarna till det som sker. Han är en av de få elever som också använder det för att förklara det som sker vid kemiska reaktioner. Set tar sina erfarenheter till hjälp vid samtliga intervjuer, när han talar om de olika situationerna.



## 17 Diskussion

I diskussionsdelen speglar jag mina metoder och resultat i den teori som jag redovisat tidigare. Jag inleder min genomgång med att diskutera de perspektiv på kunnande som jag har i denna studie. Därefter diskuterar jag de metoder jag använt för att belysa frågeställningarna från dessa perspektiv. I den avslutande delen av diskussionen behandlar jag mina resultat.

### 17.1 Perspektiv på kunnande

#### 17.1.1 Sammanfattning

Mitt perspektiv på kunnande är att kunskapen är individuellt konstruerad men socialt medierad. Detta återspeglar sig i de metoder jag använder när jag analysera intervjuerna. Jag studerar först vad eleven kan själv och sedan vad hon/han klarar, när hon/han bärs fram av en diskurs där jag försöker få henne/honom att utnyttja nya delar av sin utvecklingszon. I båda perspektiven på elevens kunnande utgår jag från elevens individuella kunnande. Diskursen kan stimulera eleven att utnyttja nya delar av sin utvecklingszon så att hon/han talar om fenomenen på nya sätt.

#### 17.1.2 Diskussion

Eleverna möter många tillfällen utanför skolan som påverkar utvecklingen av deras kunnande och jag söker inte skilja effekten av mitt projekt från andra erfarenheter. Det är svårt att klart separera lektionernas påverkan från den påverkan som kommer från andra erfarenheter. Man kan dock anta att användningen av deras enkla partikelmodell och andra begrepp som de bygger upp, till största delen kommer från lektionerna. Det kan också vara så, att erfarenheterna från lektioner och intervjuer gör, att de ser på fenomen i sin omgivning på nya sätt. På så sätt utvecklar de sina enkla förklaringsmodeller.

Bakom problemställningarna i kapitel 4 ligger en övergripande fråga om vilka möjligheter elever i de här åldrarna har att diskutera och fundera över orsaker till fenomen i vår vardagsvärld. Jag studerar hur elever utvecklar sitt sätt att tala om vardagliga händelser med hjälp av naturvetenskapliga ord, vilket för många ofta handlar om att använda ett nytt språk. I studien väljer jag att se på detta dels då eleverna använder ett mycket enkelt partikelbegrepp som introduceras och dels då de beskriver makroskopiska aspekter på situationerna.

Under undervisningssekvenserna arbetar jag med att utmana elevernas föreställningar för att de ska kunna bygga vidare på sina tidigare uppfattningar i utvecklingen mot ett naturvetenskapligt sätt att beskriva kända fenomen. Syftet med detta är att jag vill se hur eleverna kan pröva sina gamla uppfattningar. Detta kan enligt von Glasersfeld (1995, kapitel 4 och 10) leda till att de bygger upp nya sätt att förklara kända fenomen. De utmaningar jag arbetar med innebär bland annat att jag tar upp mer avancerade begrepp än de som är vanliga i skolan i dag för elever i denna ålder. Min syn på detta stämmer väl överens med Bruners (1970 s 66-68) syn på att det är viktigt att elever också får möta vetenskapliga begrepp tidigt. Eleverna får använda dem i beskrivningar flera gånger så att de får egna ord och etiketter för de naturvetenskapliga begreppen. Jag utnyttjar gruppen som en social miljö för eleverna att utveckla sitt kunnande inom. Eleverna diskuterar uppgifterna med varandra och med mig.

I analysen studerar jag deras beskrivningar av fenomenen vid intervjuerna. Detta gäller både de spontana svaren på mina frågor och den kunskapen jag kan uppfatta i elevernas samtal med

mig under intervjuerna. Detta skulle kunna relateras till Vygotskys (1996, s xxxv, 194-196) begrepp ”mental age” respektive utvecklingszonen, ZPD. Jag anser inte att elevernas spontana förklaringar ger en komplett beskrivning av deras kunnande. De följdfrågor jag ställer kan eleven besvara genom att ta fram andra delar av sin kunskap än den de använder spontant. I analysen av mina data finner jag nästan alltid att eleven inte byter ut och lämnar sina tidigare uppfattningar eller sätt att tala om händelser. De behåller dem bredvid den nya förklaringsmodellen och när de stöter på nya situationer väljer de den förklaringsmodell, som passar bäst just då. Detta gäller speciellt för deras spontana beskrivningar. Under samtalen med mig använder fler och fler elever sin nya modell, som bygger på en naturvetenskaplig förklaring. Detta beror troligen på att mina följdfrågor gör att de i högre grad känner att den nya förklaringsmodellen passar bättre. Detta stämmer med t ex Solomons (1983, 1994) iakttagelser. Några elever fortsätter att använda förklaringar som bygger på deras tidigare uppfattningar. De skulle kunna ge förklaringar där de använder sin enkla partikelmodell om jag uppmanar dem till det.

När jag ser till hela intervjuerien så är det i alla analyser allt fler elever som använder de nya modeller som de bygger upp. Eleverna tycks behöva möta begreppen flera gånger och i nya situationer innan de kan bygga upp sitt eget sätt att använda dem. För några elever så har troligen inte tiden räckt till för att de till fjärde intervjun ska ha egna modeller. För dem är ord som molekyl bara ett ord utan någon betydelse. De slutsatser jag har dragit av mina analyser, stöder de tankar som många gett uttryck för under senare år, nämligen att man inte kan beskriva lärandet bara från ett perspektiv. Man måste nog beskriva lärandet och kunnandet både i ett socialt sammanhang och som elevens individuella bearbetning, som bl a Leach och Scott (1999) gör. Det stämmer också med Sfards (1998) slutsatser att en kombination av förvärvande- och deltagande-metaforen bör användas för att beskriva lärandet. Den polariserade diskussion som Greeno (1997) och Anderson et al. (1996, 1997) har i *Educational Researcher* avslutas med en gemensam artikel (Anderson et al., 2000), där man är överens om mycket i sin syn på lärandet. Man menar också att man behöver använda båda de perspektiv man ställt mot varandra för att utveckla sin syn på lärande. De artiklar jag hänvisar till är från de senaste åren men tankarna har funnits under lång tid. Både Piaget och Vygotsky hade de här tankarna. De diskuteras också av t ex Driver et al. (1994) och Solomon (1983), vilket redovisas i andra kapitlet.

Under intervjuerna hänvisar många elever till tidigare erfarenheter utanför skolan. De känner igen de situationer vi diskuterar från sociala sammanhang de varit en del av. Dels har de utvecklat kunskapen där och dels kan de använda denna kunskap när vi talar om liknande situationer. Deras erfarenheter bygger på användning av vardagsspråket, men de har denna erfarenhet som utgångspunkt för nya sätt att tala om fenomenen genom att t ex använda en partikelmodell i förklaringarna. Man kan också säga att de utmanar sina tidigare tankestrukturer och tar till sig ett nytt sätt att resonera om vardagliga fenomen.

## 17.2 Metod och genomförande

### 17.2.1 Sammanfattning

Ett syfte med denna studie är att studera utvecklingen av enskilda elevers kunnande och av deras möjligheter att diskutera och förklara vardagsfenomen där transformationer av materia ingår. Därför har jag valt att göra en longitudinell studie i vilken jag genomför tre undervis-

ningssekvenser med mellanliggande intervjuer och en inledande intervju. I projektet har jag själv genomfört både intervjuer och undervisningssekvenser.

### 17.2.2 Diskussion

Jag är intresserad av enskilda elevers utveckling och då är en studie där jag följer samma elever under längre tid naturligtast för mig. Enskilda elevers utveckling påverkas av alla de aktiviteter vi genomför och av annat som eleverna möter under perioden. Elevernas tidigare erfarenheter påverkar också utvecklingen, eftersom dessa kommer att utmanas när de träffar på nya sätt att tala om sina erfarenheter. Jag väljer att inte separera dessa faktorer i elevernas utveckling utan att studera utvecklingen och enskilda elevers möjligheter i stort. Jag har alltså inte kopplat deras utveckling till separata undervisningsinslag, eftersom jag tror att många olika faktorer påverkar utvecklingen. Naturligtvis händer det att elever refererar till våra lektioner under intervjuerna. En longitudinell studie ger möjlighet att följa utvecklingen under längre tid och man kan lättare förstå de svängningar som finns mellan två intervjuer. Man ser också i resultaten att eleverna behöver olika lång tid för att de spontant ska använda t ex den enkla partikelmodell som introducerats. Några elever visar redan i andra intervjun att de tagit till sig modellen, medan andra behöver möta och pröva den många gånger och kanske inte äger modellen ens efter den fjärde intervjun.

I avsnitt 7.3 beskrivs intervjuerna. Även om intervjuerna med samma situationer ligger med ett års mellanrum kan det inte uteslutas att eleverna kan påverkas av vad de sagt vid den tidigare intervjun. En nackdel med att jag inte diskuterar exakt samma situationer vid alla intervjuer är jag inte kan göra direkta jämförelser mellan elevernas förklaringar vid alla fyra intervjuerna. Däremot kan jag jämföra elevernas beskrivningar av t ex förbränning i alla fyra intervjuerna och se på hur kontextbundna elevernas beskrivningar är. Förklaringar påverkas inte bara av elevernas kunskap och den kontext som de ska förklara utan också av annat. Kommentarer vid intervjuerna påverkas också av många andra saker. Eleverna kommer till intervjun direkt från arbetet på en lektion. De lär känna mig mer och mer och associerar situationerna mer eller mindre till det vi arbetat med på lektionerna ett par månader tidigare samt till andra erfarenheter. Det är många andra saker som också ockuperar elevernas tankar. Det finns exempel på elever, som är mycket frimodiga och som gärna delar med sig av sina tankar, medan andra inte vågar svara om de inte är helt säkra.

Vad beträffar min ansats att studera kunnandet från olika perspektiv har jag bara funnit Scholtz (2000) samt Edvards och Mercer (1995), som gjort analyser av elevernas förklaringar, där man diskuterar elevernas förståelse efter påverkan. Jag har sökt i *Eric-databasen* (2001) och i Pfundt & Duit (1998): *Bibliography "Students' Alternative Frameworks and Science Education."*

Denna inriktning har kommit in i projektet efterhand och är delvis ett resultat av analysen av de inledande intervjuerna. Jag har också påverkats av den diskussion om olika perspektiv på lärande och kunnande som förs i tidskrifter och som jag möter på konferenser och seminarier. Situationerna som diskuteras och uppläggningsen av mina samtal med eleverna hade kanske sett ut på ett annat sätt om jag från början hade bestämt mig för att göra de analyser jag nu gör. Efter att ha analyserat materialet från första intervjun ur detta nya perspektiv bestämmer jag mig för att fullfölja uppläggningsen som planerat. Jag använder mig vid alla intervjuer av en intervjumetod, som innebär att jag ställer följdfrågor för att få veta så mycket som möjligt om elevernas förståelse.

En longitudinell studie av denna omfattning genererar mycket data, som kan bli svåra att få överblick över men detta har underlättats av att jag använt olika dataprogram för kvalitativ analys. Detta möjliggör en snabbare analys men det gör det också enklare att jämföra alla ut-sagor som tilldelas samma kategori och att förfinas och att pröva nya sätt att göra kategoriseringen. Under intervjuerna talar eleven flera gånger om t ex gaser och dessa uttalanden är nästan alltid på olika kvalitativ nivå enligt min kategorisering. Eftersom jag vill se på hur elevernas möjligheter att diskutera och förklara utvecklas, väljer jag att i alla analyser tilldela eleven nivån med den högsta kvaliteten för det område som analysen avser. Ett annat sätt skulle vara att ta den nivå som är vanligast för eleven eller att ta med alla de nivåer som eleven använder. En nackdel med den metod jag använder är att en del felaktiga förklaringsmodeller ”försvinner” i analysen. För att komplettera den mer översiktliga beskrivningen av elevens utveckling görs därför några fallstudier för enskilda elever i en del analyser.

## 17.3 Partikelbegreppet

### 17.3.1 Sammanfattning

En central del i denna studie är att se vilka möjligheter elever i 10-12-årsåldern har att använda kunskaper från naturvetenskap för att förklara vardagsfenomen. Vi har arbetat med utgångspunkt från en mycket enkel partikelmodell. Ett syfte med studien är att se hur eleverna bygger upp och använder sin molekylmodell under projektet. Kategoriseringen av elevernas molekylbegrepp görs med utgångspunkt från de tre aspekterna som redovisas nedan.

A: Hur används molekylbegreppet?

B: Vilken benägenhet har eleven att använda detta begrepp?

C: I hur många situationer använder de begreppet?

I aspekten A och C tas med det eleverna överhuvudtaget säger i intervjun, både spontant och efter påverkan. I B-aspekten kategoriseras spontana beskrivningar och det de säger efter påverkan av mig i olika kategorier. Alla tre aspekterna har en nollnivå som innebär att det inte finns någon aktivitet sett från denna aspekt. Det finns också tre olika kvalitativa nivåer inom varje aspekt bortsett från nollnivån.

### 17.3.2 Kvaliteten i elevernas användning av begreppet molekyl

Jag använder Nussbaums (1985) idé om magiska glasögon som gör allt osynligt synligt för att stimulera elevernas fantasi om materiens uppbyggnad. Eleverna använder olika sätt att beskriva vad de tänker sig se. Elevernas beskrivningar kategoriseras i olika kvalitativa nivåer. Den lägsta nivån innebär kontinuerliga beskrivningar, där de säger att det ser ut som vatten. Nästa nivå är att de ger olika bilder av gas eller rök. Den högsta nivån är när de talar om någon form av partiklar, mikroskopiska eller små, små makroskopiska partiklar. Jag anser att de som säger något om gaser har en högre kvalitet i sitt svar än de som talar om vatten i vätskeform t ex vatten eller dimma. Vid alla jämförelser mellan tidigare och senare intervjuer är det många elever som går till högre nivå. Endast några få går till en kategori som innebär lägre kvalitet. Enligt min analys utvecklas elevernas beskrivningar av vattenångans uppbyggnad mycket under perioden.

När jag studerar enskilda elevers användning av sitt molekylbegrepp då de diskuterar vardagsfenomen, väljer jag en kvalitativ kategorisering som utgår från att de känner igen ordet mole-

kyl. Nästa nivå innebär att de använder ordet, när de talar om fenomenen men inte som en förklaringsmodell. Det framgår inte att de använder ordet molekyl som beteckning på partiklar. Några elever använder sitt molekylbegrepp med molekyler som partiklar i sina förklaringar, men på sätt som strider mot kemins lagar. Den kvalitativt högsta nivån innebär att eleven använder sitt molekylbegrepp för att förklara fenomen. I några fall ger de partiklarna makroskopiska egenskaper och i andra är det oklart om de avser makroskopiska eller mikroskopiska partiklar. Alla utom sex elever har högre kvalitet i sina förklaringar i samtal med mig än vad de säger spontant vid minst två av de tre sista intervjuerna. Skillnaderna mellan nivåerna för spontant och i samtal med mig är minst vid den avslutande intervjun då några elever redan nått sin högsta nivå. Många elever tilldelas vid de tidigare intervjuerna en låg nivå för sin spontana användning men en högre för det de säger i diskussion med mig. Detta kan bero på att de inte känner sig så säkra på sin modell att de vågar använda den spontant eller att de inte ser användbarheten av modellen. Analysen enligt A-aspekten i avsnitt 9.4 visar att i stort sett samtliga elever tar till sig och känner igen ordet molekyl.

### 17.3.3 Elevernas benägenhet att använda molekylbegreppet

B-aspekten i denna sammanfattande kategorisering belyser benägenheten att använda molekylbegreppet. När eleverna har arbetat med och känner sig vana vid sitt molekylbegrepp så ökar benägenheten att använda det. Analysen enligt B-aspekten kan hjälpa mig att förstå hur elever bygger upp sina egna begrepp och hur de använder dem. Elever som använder ordet molekyl spontant i sina förklaringar har en större benägenhet att göra det än de som gör det först efter påverkan under intervjusamtalet. Sex elever använder spontant sina partikelmodeller för att förklara fenomen vid de två sista intervjuerna. Det är dessutom ytterligare sju ton som gör det vid en av dessa intervjuer, vanligen den fjärde. Detta tyder på att eleverna inte spontant tar till den modell de byggt upp under projektet för att beskriva vardagsfenomen. Nästan hälften av eleverna använder modellen efter påverkan vid den fjärde intervjun och detta kan tolkas som att de då har en så stabil modell att de vågar använda den. Det kan också bero på frågeställningarna som diskuteras eller andra faktorer.

Allt fler elever tilldels *spontant tidigt* och *spontant sent*, när de talar om eller förklarar fenomen. Analysen från denna utgångspunkt visar att eleverna efter hand på grund av undervisningen och intervjuerna eller av andra orsaker blir alltmer spontana i sin användning av sitt partikelbegrepp. Det finns emellertid en grupp elever, knappt en fjärdedel, som inte använder det. I denna analys räknas inte det att man bara känner igen ordet som att man använder det.

### 17.3.4 Antalet situationer där eleverna använder sitt molekylbegrepp

Antalet situationer där eleven använder sitt partikelbegrepp, C-aspekten, är också ett mått på kvaliteten i begreppet. Flertalet elever talar om molekyler vid två eller tre intervjuer. Det är främst vid de båda sista intervjuerna som de använder ordet molekyl i minst tre situationer vid en och samma intervju. Ungefär en tredjedel av eleverna talar bara om molekyler vid en situation under varje intervju. De andra eleverna använder sitt molekylbegrepp i flera situationer vid någon intervju.

Eleverna sätter ofta egna namn på partiklarna. Piaget och Inhelder (1997, s 81-97) tolkar detta som att de har en partikelmodell för materiens byggnad. Eleverna använder inte molekyl som namn på dessa partiklar. Det finns en rik flora av namn på partiklarna och oftast ger de intryck av att eleverna tänker sig dessa partiklar som små partiklar av ämnet t ex som små vatten-

droppar. Dessa namn skulle kunna vara tankeinstrument då eleverna utvecklar sina partikelbegrepp. I stort sett samtliga elever använder någon gång sådana namn. En tredjedel av eleverna gör det i minst tre situationer sammanlagt vid de fyra intervjuerna. Några elever använder både ordet molekyl och egna namn för partiklarna under samma intervju.

### 17.3.5 Den sammanfattande kategoriseringen

Kategoriseringen görs för att beskriva elevernas utveckling sett från de båda perspektiv på kunnande som jag bland annat diskuterar i samband med mina frågeställningar. För att sammanfatta elevernas kunnande inför jag de tre aspekterna A, B och C. Se avsnitt 9.10. A-aspekten behandlar kvaliteten i och användbarheten av begreppet. B-aspekten handlar om benägenheten att använda begreppet men också om i vilken grad det används i förhållande till andra förklaringsmodeller. C-aspekten belyser användbarheten i olika situationer, dvs hur generellt begreppet är. Jag har inte funnit denna typ av sammanfattande kategorisering av något begreppsområde tidigare.

I A-aspekten lyfter jag fram elevens individuella möjligheter att använda sitt molekylbegrepp för att tala om och förklara de fenomen vi diskuterar vid intervjuerna. De har under en kort period arbetat med molekylernas värld, som är ny för dem. Jag ser i intervjuerna att många inte spontant talar om molekyler när de talar om vardagliga fenomen, men att de gör det i samtal med mig. De behöver ha hjälp för att komma in i en diskurs, där det är naturligt att använda begreppet molekyl för att tala om fenomenen.

Jag anser att B-aspekten är en viktig komponent, då jag vill beskriva utvecklingen av den enskilde elevens kunnande. Den ger information om i fall deras molekylbegrepp är sådant att det är den modell de tar till som första verktyg, då de ska diskutera kända fenomen. Det kunnande eleven visar först efter påverkan kan ses som att det finns inom elevens utvecklingszon, ZPD (Vygotsky, 1996, s xxxv och 187). C-aspekten, som belyser om eleven bara använder sitt molekylbegrepp i en speciell situation eller om det används i flera situationer, ger en annan sida i beskrivningen av elevens kunnande om materiens byggnad.

Det finns andra sätt att beskriva och analysera elevens kunnande om materiens partikelnatur. Andersson (1990), Ben-Zvi, Silberstein och Mamlok (1990), Johnston (1990), Lijnse (2000) samt Renström (1988, s 201) studerar hur de talar om partiklarna som makroskopiska partiklar eller som atomära partiklar. Kesidou (1993) anser att man kan ta med hur de använder sitt partikelbegrepp när de talar om materiens konservering. En sammanfattande kategorisering som bygger på A, B och C-aspekterna tycker jag ger en bra bild av elevens kunnande med de utgångspunkter jag har för denna studie. Tabell 34 innehåller en beskrivning av de olika kategorierna.

Den sammanfattande kategoriseringen av elevernas molekylbegrepp visar att kvaliteten på deras kunnande ökar från intervju till intervju. Det finns en grupp elever som snabbt kommer upp till de högsta kategorierna och andra som kommer dit i slutet av intervjuerien. Det är ungefär hälften av eleverna som tillhör denna grupp. De kan använda sitt molekylbegrepp för att förklara och diskutera kända fenomen och de gör det spontant eller efter en liten påverkan. Många gör det i flera situationer. Ungefär en fjärdedel av eleverna kommer till den andra kategorin och stannar kvar där under alla intervjuerna. De känner igen ”molekyl” och de använder sitt begrepp efter påverkan men ofta i bara en situation. När jag studerar utvecklingen hos enstaka elever finns det anledning att anta att flera av eleverna kommer till de högre kategori-

erna senare. När de möter nya exempel, utmanas och utvecklas deras molekylmodeller. Jag betraktar inte mellannivån som en nivå av "misconceptions" (Griffith, 1994; Griffith & Preston, 1992) utan som en nivå att bygga vidare på.

### 17.3.6 Vad vet du om molekyler?

När eleverna får en direkt uppmaning att berätta vad de vet om molekyler innehåller deras beskrivningar mycket mer än det som de spontant säger under intervjuerna, när de förklarar vardagsfenomen. Samtliga elever som hamnar i de båda högsta kategorierna vid fjärde intervjun har också med många av de centrala komponenterna, när de berättar vad de vet om molekyler. I sin användning av molekylbegreppet har eleverna, som tilldelas de båda lägsta kategorierna, endast med några få komponenter, när de uppmanas att berätta vad de vet om molekyler. Det finns ungefär tio elever som vet mycket om molekyler, men som inte använder detta i särskilt hög grad utan kategoriseras med någon av de båda lägsta kategorierna. De ser kanske inte kopplingen mellan sin molekylmodell och de vardagsfenomen vi diskuterar. Deras modeller är kanske inte så stabila att de vågar använda dem.

### 17.3.7 Didaktiska förenklingar

De Vos och Verdonk (1996) ger partikelbegreppet som exempel på konflikten mellan att i undervisningen använda moderna teorier som elever har svårt att ta till sig, och teorier som eleverna förstår men som anses vara för naiva eller rent av falska. Denna konflikt har jag upplevt i min studie, vilket lett till två beslut. Det ena är att introducera materiens mikroskopiska byggstenar som små, små vattendroppar, små, små sockerkorn etc. Det andra beslutet är att kalla alla dessa byggstenar för molekyler.

Ett motiv för det förstnämnda beslutet är att olika studier visar att elever före undervisning om materiens byggnad tänker sig att materien består av partiklar. Se Lee et al. (1993), Nakhleh och Samarapungavan (1999), Piaget och Inhelder (1997, s 81-97) samt Vollebregt (1998, s kapitel 5). Det är fråga om partiklar med samma egenskaper som det makroskopiska ämnet. Min introduktion kan därför ses som ett försök att beakta elevens utgångsläge.

Undersökningar av t ex Ben-Zvi et al. (1988), Lijnse (2000), Novick och Nussbaum (1981) samt Stavridou och Solomonidou (1989) visar vidare att utvecklingen av elevers modeller följer olika banor där makroskopiska inslag förekommer. Detta gäller också min egen studie. Mina elevers sätt att tala om materia går likväl mot högre och högre kvalitet. Exempelvis ökar antalet elever som beskriver gaser som någon form av små partiklar under hela projektet. Vid fjärde intervjun är det tre av fyra elever som beskriver gaserna på detta sätt. Detta pekar mot att mitt sätt att introducera mikropartiklar kan stimulera en utveckling mot förståelse av naturvetenskapens partikelmodell. Det kan dock inte uteslutas att den av mig introducerade partikelmodellen senare skapar problem när det gäller för eleverna att förfina sitt vetenskapliga partikeltänkande.

Beträffande mitt beslut att kalla materiens byggstenar för molekyler så är ett viktigt argument att jag härigenom begränsar antalet nya begrepp och samband som eleverna får möta. Att också introducera atombegreppet medför att man behöver reda ut skillnaden mellan atom och molekyl. Man behöver skilja mellan grundämnen och föreningar. I vissa fall uppför sig atomer och molekyler på samma sätt och ibland på olika sätt.

Ett alternativ till "molekyl" är "partikel". Detta alternativ är mer allmängiltigt, men används i vanligt språkbruk på såväl makro- som mikronivå, vilket kan vara förvirrande för eleverna.

Till saken hör att nästan alla ämnen som ingår i min undervisning och mina intervjuer är uppbyggda av molekyler. Själva ordet molekyl vållar inte eleverna några svårigheter. De lär sig snabbt känna igen det och efterhand att använda det, vilket är en fördel med tanke på fortsatta studier. Några få elever använder partiklar som namn på smådelarna men det är inte så vanligt.

I stort sett alla forskare, t ex Johnson (1998), Novick och Nussbaum, (1981) samt Tveita (1996), som talar för en tidig introduktion av en partikelmodell, menar då en förenklad partikelmodell. De skiljer inte på olika typer av mikropartiklar och inte heller på partiklarnas struktur.

Några av eleverna använder sitt molekylbegrepp i förklaringar på ett sätt som strider mot kemins och fysikens lagar. Jag anser, i likhet med de Vos och Verdonk (1996), att detta inte behöver vara något negativt. Det viktiga är att eleverna tränar sig i modelltänkande, och några ”fel” har då inte någon avgörande betydelse. Efterhand som elevernas naturvetenskapliga kunskaper ökar, växer de troligen ifrån sina ”misconceptions” och deras förklaringsmodeller får högre och högre kvalitet.

## 17.4 Elevers föreställningar om gaser

### 17.4.1 Sammanfattning

Elevers föreställningar om gaser har beskrivits i många studier. Jag väljer att studera utvecklingen av hur eleverna talar om gaser. Jag ställer inte några direkta frågor om gaser utan jag observerar hur eleverna talar om de gaser som finns i den situation vi diskuterar. Elevernas utsagor kategoriseras efter sin kvalitet. Den kategori som jag har som högsta kvalitativa nivå innebär att eleverna använder sin molekylmodell för att beskriva gaser. Denna nivå relateras då till hur eleverna förstår och använder den enkla partikelmodell som vi arbetar med. Med kvalitativa nivåer menar jag kvaliteten på elevernas användning i relation till naturvetenskapens gasbegrepp. I denna kategorisering belyses hur eleverna talar om gaser men också deras kunskaper om gaser. De båda lägre nivåerna motsvarar hur eleverna talar om gaser i sitt vardagsspråk och visar i vilken grad de är medvetna om gasformiga ämnen. Elever som kategoriseras i de högre nivåerna använder kunskaper i naturvetenskap i sina förklaringar. De talar t ex om egenskaper som vi inte kan uppleva i vardagliga situationer.

### 17.4.2 Hur talar eleverna om gaser?

Jag studerar dels elevernas spontana beskrivningar och dels deras beskrivningar efter påverkan från mig under intervjuerna. Under det fortsatta samtalet tar eleverna ofta fram nya komponenter i sitt sätt att tala om gaser. Dessa beskrivningar kan innehålla sådant, som eleverna inte tänker på i första hand när de ska förklara eller berätta om de situationer vi talar om. Det kan också vara sådant, som eleverna är lite osäkra på. Därför tar de inte till det som sin första förklaring. Vi diskuterar vardagliga situationer som de känner igen och då kanske man tar till en vardaglig förklaring spontant och inte använder sin partikelmodell.

Många elever utvecklar kvaliteten både i sina spontana beskrivningar och i beskrivningarna i samtal med mig under projektet. En grupp elever har kategorin *makro* för båda perspektiven vid flera intervjuer. Även om de kategoriseras som samma nivå har de ofta en mycket bredare beskrivning i samtalet med mig än i sin spontana beskrivning. Det finns även elever som an-



vänder sin partikelmodell när de talar om gaser i samtal med mig men som har lägre kategorier för sina spontana beskrivningar vid samtliga intervjuer.

I kategoriseringen av elevernas spontana beskrivningar dominerar förklaringar med makrokategorin vid de tre första intervjuerna. En stor grupp elever använder vid fjärde intervjun sin molekylmodell spontant när de talar om gaser. När man studerar elevernas kategorier under de fyra intervjuerna finns några elever, som går till en lägre nivå i en senare intervju. För i stort sett samtliga dessa elever är detta bara tillfälligt eftersom de i en senare intervju åter är på en högre nivå. Den långsiktiga utvecklingen är emellertid, att nästan alla eleverna går mot högre och högre nivå. Några elever tilldelas kategorin makro för sina spontana beskrivningar på samtliga intervjuer. Detta kan bero på att dessa elever inte är så säkra på sin mera utvecklade modell för gaser att de vågar använda den spontant. Det kan också bero på att de inte anser att de behöver använda sin partikelmodell i just de situationer som diskuteras.

Andelen elever som använder sin molekylmodell i beskrivningarna av gaser efter min påverkan genom följdfrågor ökar under intervjuerna och mer än hälften använder sin molekylmodell i den fjärde intervjun. Det är bara några få elever som har *makro* som sin högsta nivå vid denna intervju. Eleverna utvecklar sitt kunnande om gaser sett från denna aspekt under projektet. Det innebär inte att de alltid i alla situationer kommer upp till den nivå som är deras högsta under intervjun. För alla elever finns tillfällena med lägre kategorier under intervjun. Eleverna har ett antal parallella sätt att tala om gaser och väljer det de tycker passar bäst till situationen. När jag påverkar dem genom att ställa följdfrågor tar de till nya förklaringsmodeller.

Mitt sätt att studera utvecklingen av elevernas kunnande om gaser bygger på att jag tror, att elevernas beskrivning av gaser i vardagliga situationer speglar deras kunnande om gaser. Jag väljer detta sätt för att få bra information om elevernas förståelse från de båda perspektiv på kunnande jag har i projektet. Jag får samtidigt en bild av hur eleverna utvecklar sin förmåga att använda gasbegreppet och partikelbegreppet för att beskriva och förklara vardagsfenomen. Om jag i stället ber dem berätta vad de vet om gaser eller att använda ordet molekyl för att beskriva situationerna, finns det en risk att eleverna uppfattar det som en diskurs, som är mycket speciell. De kan tro att den bara kan användas i skolan när man talar om naturvetenskapliga fenomen. Eleverna kanske inte återvänder till denna diskurs om de inte uppmanas att göra det.

### 17.4.3 Jämförelser med andra studier

I flera studier poängteras det att lärande i naturvetenskap innebär att man tar till sig nya sätt att tala om vardagliga fenomen. Bruner (1970 s 26-29) betonar t ex vikten av att elever tidigt får tala om och använda naturvetenskapliga ord och begrepp. Sutton (1996) vill att undervisning i naturvetenskap ska ge tillträde till dessa nya sätt att tala. Lärande innebär emellertid inte en direkt överföring av nya sätt att tala om fenomen. Leach och Scott (1999) anser att en lärande rekonstruerar samtal och andra aktiviteter på det sociala planet till sitt eget sätt att tala om fenomen. Solomon (1983, 1994) är inne på samma tankar och säger också att vi modifierar vårt sätt att tala efter den situation vi befinner oss i.

Piaget (1973, kapitel 5) finner att elever (5-14 år) inte uppfattar luft som en gas. I denna studie jämför emellertid elever ofta med luft när de beskriver ett gasformigt ämne. När vattnet avdunstar blir det som luft. De flesta elever talar om luft som en gas i de senare intervjuerna. Stavy (1991) redovisar flera studier där hon talar om elevers föreställningar om gaser. Hon

finner där att elever inte spontant utvecklar ett gasbegrepp och att de inte uppfattar gas som materia. I denna studie utvecklas många elevernas sätt att tala om gaser både spontant och efter min påverkan. Det är emellertid flera som inte når högre än till makronivån under projektet. Detta kan kanske uppfattas som ett primitivt gasbegrepp. Jag tror emellertid att för många kan detta vara ett avstamp mot att man senare kan tala om gaser på ett sätt, som bättre stämmer överens med naturvetenskapen. Jag bygger detta antagande på den utveckling som jag ser att andra elever i studien följer. Om jag ser till hela den kunskap som eleverna visar efter min påverkan har en mycket stor del av eleverna nått en hög nivå på sin kunskap om gaser. Jag finner i motsats till Millar (1990) ingenting som tyder på att eleverna har några större svårigheter att tillämpa sin partikelmodell på gaser. Tvärtom ser jag fördelar med att diskutera gaser och större svårigheter med att diskutera fasta ämnen. Det finns många situationer med gaser som eleverna bör kunna koppla till en partikelmodell för gaser. Osynliga gaser som lämnar en skål med vatten när vatten avdunstar, kan förklaras med att molekyler försvinner från skålen. Trycket i en ballong kan förklaras med att molekylerna rör sig i ballongen och studsar mot ballongväggen. En del elever i denna studie beskriver ibland vattenångan i luften som små vattendroppar som blandas med luften, något som också Johnson (1995, s 230) finner i sin studie. De skillnader i resultat mellan denna studie och tidigare studier som redovisas ovan, kan beror på att vi har olika perspektiv på kunnandet. Det kan också bero på att jag följer samma elever under längre tid och mellan intervjuerna har undervisningsinslag, där gaser behandlas och naturvetenskapliga begrepp diskuteras av eleverna i smågrupper.

## 17.5 Kemisk reaktion

### 17.5.1 Sammanfattning

Bland annat Andersson (1990), Andersson et al. (1993b), Briggs och Holding (1986), Hesse och Anderson (1992), Karpínsky (1995) samt Stavridou och Solomonidou (1989) redovisar elevers problem med att förstå begreppet kemisk reaktion. Jag väljer därför att i början av projektet studera vilka tecken på beskrivningar av kemisk reaktion som finns i elevernas förklaringar.

Mina studier av elevers uppfattning om sådant som rör kemisk reaktion och gaser har samma utgångspunkter. Jag analyserar hur eleverna talar om fenomen som innebär att en kemisk reaktion sker. Under lektionerna har vi blandat ämnen så att eleverna ser att något händer. Det blir en annan färg eller också bildas det en gas. När vi diskuterar det som sker, använder vi inte begreppet kemisk reaktion för att förklara förloppet utan inriktar oss på att det sker någonting och att något nytt bildas. Eleverna får fundera över var färgen eller gasbubblorna kommer ifrån. Vid den tredje undervisningssekvensen introduceras begreppet *reagerar med* i samband med att vi gör en serie experiment.

### 17.5.2 Hur talar eleverna om kemiska reaktioner?

Jag studerar elevernas tankar om vad som för naturvetaren är kemisk reaktion med samma utgångspunkt som för gaser. Jag modifierar den kategorisering som Andersson (1990) presenterade. Den lägsta kategorin i det system som används innebär att eleverna gör konkreta beskrivningar eller beskriver reaktionen som en fysikalisk förändring. En skillnad mot Anderssons kategorisering är att jag använder två kategorier, som innebär att man beskriver tecken på kemisk reaktion. Jag tar med dels att något nytt ämne bildas eller att ett av ämnena sönder-

delas och dels att det sker en växelverkan mellan ämnen. Det är ett stort steg mellan beskrivningar av reaktioner med en partikelmodell och övriga kategorier i Anderssons kategorisering. Jag tror att de två nivåerna *växelverkan* och *nytt bildas* bidrar till att öka min förståelse av hur elevernas förståelse av kemiska reaktioner utvecklas. Min definition av växelverkan är att två ämnen kommer i kontakt med varandra varvid något sker. När stearinljuset och syret kommer i kontakt sker något. Det ger ett resultat – stearinljuset brinner. Detta innebär att de som talar om att vattnet fräter på brustabletten beskriver en växelverkan enligt detta synsätt. Med denna definition av växelverkan får man ingen skillnad mellan de som beskriver växelverkan som ömsesidig påverkan mellan ämnena och de som talar om att det ena ämnet påverkar det andra. Jag bedömer att det är en klar skillnad i förståelse mellan dem som talar om att något nytt bildas, och dem som beskriver det som sker som en växelverkan, eftersom kategorin *nytt bildas* innebär en beskrivning och kategorin *växelverkan* en förklaring. Det är få elever som talar om ömsesidig påverkan. Andersson et al. (1993b) och Eskilsson och Holgersson (1999) använder också en kategori i sina analyser som innebär tecken på kemisk reaktion. Jag tycker att strukturen i Anderssons et al. kategorisystem väl täcker de utsagor jag får vid intervjuerna.

Kategorin *nytt bildas* skulle kunna tolkas på olika sätt. Många elever upplever att vatten och is är olika ämnen och skulle då kanske beskriva smältning av is som att ett nytt ämne bildas. När en järnbit hettas upp och blir röd av den höga temperaturen så ändras färgen. Det kan vara ett av de kriterier som man sätter upp för att det sker en kemisk reaktion. Utsagor som innehåller denna typ av beskrivningar har tilldelats kategorin *beskriver*. Jag tror att det är viktigt att man tar hänsyn till denna typ av elevföreställningar då man arbetar med begreppet kemisk reaktion.

Ett annat sätt att analysera tecken på kemisk reaktion i elevernas förklaringar är att använda den metod som Solsona och Izquierdo (1993) beskriver. Deras analys bygger på att man studerar vilka verb eleverna använder. Det är kanske naturligt, när man studerar hur eleverna talar om fenomen där det sker kemiska reaktioner. Nackdelen med denna analysmetod är, att det är svårt att urskilja, vilken betydelse eleverna lägger i de verb de använder. Om man redan i intervjuerna är inriktad på att studera vilka verb eleverna använder, tror jag att denna metod kan vara bra. Det gäller inte minst då man studerar förståelsen hos elever som inte har hört begreppet kemisk reaktion.

Det är bara enstaka elever som använder sitt molekylbegrepp vid intervjuerna när de talar om fenomen där en kemisk reaktion sker. Förändringen när det gäller antalet elever med denna kategori mellan intervjuerna är marginell. Detta kan jämföras med diskussionerna i smågrupperna vid den tredje lärandesituationen som redovisas i kapitel 15.3. Experimentet med de två vita pulvren, som bildar ett kraftigt gult ämne, tycks stimulera eleverna till att fundera över vad som egentligen händer framför ögonen på dem. De ser att det plötsligt blir ett gult streck i skålen. Där finns det i flera grupper elever som talar om molekyler när de ska förklara detta.

Elevernas beskrivningar av fenomen som innebär kemisk reaktion varierar mellan de olika situationerna. För att få en bild av detta studeras hur elevernas beskrivningar i en speciell kontext ändras under projektet. Det brinnande papperet är den kontext där eleverna i högst grad bara beskriver att det brinner eller att det sker en fysikalisk förändring. Det finns även vid tredje intervjun många som fortsätter att göra detta. Det är också ganska många som har olika kvalitet i sina beskrivningar av det brinnande papperet vid de båda intervjuerna. När det gäller förbränning av bensin och ljus och den rostiga järnbiten är det ofta olika typer av växelverkan

man talar om. Att man talar om nya ämnen är vanligare när det gäller papperet som brinner. Jag tror att man måste arbeta parallellt med att eleverna får träna att utveckla sin molekylmodell och att beskriva tecken på kemisk reaktion. Då kan eleverna utveckla sin kunskap om vad som händer på partikelnivå vid en kemisk reaktion.

### 17.5.3 Jämförelser med andra studier

Att många elever har förklaringar som innebär att de talar om olika tecken på kemisk reaktion stämmer väl överens med resultaten från andra studier. Eskilsson och Holgersson (1999) finner i en studie med lärarstuderande, att många av dem som inte har en fullständig förklaring av fenomenet som en kemisk reaktion, kan kategoriseras som tecken på kemisk reaktion. Andersson et al., (1993a, 1993b) ser samma tendenser i resultatet från den nationella utvärderingen 1992. Eleverna i denna studie visar i andra analyser att de utvecklar sitt enkla molekylbegrepp men det är få som använder det för att ge förklaringar av kemiska reaktioner. Den träning i att beskriva och förklara fenomen, som eleverna har från lektioner och intervjuer, tycks göra att de utvecklar sin förmåga att beskriva tecken på att en kemisk reaktion sker och detta kommer också Johnson (2000 a) fram till.

## 17.6 Förbränning

### 17.6.1 Sammanfattning

Vid samtliga intervjuer diskuteras en situation där någonting brinner. Det som sker är en kemisk reaktion vilket har diskuterats i föregående avsnitt. Det är inte så många elever som använder sitt partikelbegrepp för att förklara det som sker när något brinner. Jag väljer därför att studera elevernas förklaringar av de brinnande ämnena även från ett makrospektiv. Genom att studera några av dessa faktorer kan jag få en bild av hur eleverna förklarar de kemiska reaktioner som sker när något brinner. Bland annat Krnel (1995), Meheut et al. (1985), samt Schollum och Happs (1982) belyser elevers tankar om syrets roll vid förbränning. Andra områden som är intressanta är frågor om elevernas föreställningar om förbränningsprodukter som aska och gasformiga ämnen.

### 17.6.2 Elevernas beskrivningar av något som brinner

I denna del av studien utgår jag från elevernas svar under hela intervjun och där ingår då förklaringar som kommer efter den påverkan som mina följdfrågor innebär. Jag väljer att koncentrera mig på makroskopiska fenomen i samband med förbränningen eftersom förbränning har många intressanta makroskopiska komponenter, t ex syrets roll, om det blir aska eller inte, lågans roll. Förbränning är också en kemisk reaktion som vi alla har erfarenheter av och därför kan det vara intressant att se hur eleverna utvecklar sina vardagliga beskrivningar av fenomenen. Dessa kan sedan vara utgångspunkt för att förklara det som sker på en partikelnivå.

I stort sett alla elever har samma eller högre kvalitet i sina svar vid det senare intervjutillfället då vi talar om brinnande papper, stearinljus och bensin. Många elever talar om att det bildas aska när papper brinner. De säger ofta att aska bildas av hårda ämnen eller av föremål av speciella material. Ljuset och bensinen ger ingen aska. Askan är något som blir kvar när ett fast ämne brunnit upp och inget som bildas, när något brinner. Däremot menar man att rök och imma bildas när något brinner. Växelverkan beskrivs av eleverna som växelverkan mellan

ämnet och syre eller mellan syret och elden/lågan. Det är ofta oklart för eleverna vad lågan eller elden innebär. För några elever handlar det om att bensen finns i lågan. Det kan också vara att syre och bensen möts i lågan eller att lågan är central för förbränningen. Några elever tänker sig att bensen och stearin innehåller vatten som kokar bort och sätter sig på väggarna av en glasburk som sätts över det brinnande föremålet. Den mer detaljerade kategoriseringen som finns redovisad i tabell 57-59 visar att elevernas förståelse utvecklas mot högre kvalitet i de senare intervjuerna även om man ser till underkategorierna inom den högsta kategorin. Man ser likheter mellan beskrivningarna av brinnande stearinljus och bensen men även skillnader mellan dessa och beskrivningarna av papper som brinner. Beskrivningar av växelverkan mellan låga och syre kan vara ett steg mot förståelse av mekanismerna i förbränningen som kemiskt begrepp.

Elevernas förståelse av det som sker på ett makroskopiskt plan när något brinner tycks vara knutet till det föremål eller ämne som brinner. Elever har erfarenheter av att tala om stearinljus som brinner, men när de första gången talar om det brinnande papperet är det något helt nytt för många. Syret, som nästan alla säger behövs när ljuset brinner, tror många inte behövs när papperet brinner. Det är en kraftig ökning av antalet elever som vid den senare intervjun talar om växelverkan med syre när bensen brinner. Imman som bildas på insidan av glasburken när den sätts över det brinnande ljuset och den brinnande bensen vållar problem för många elever. En stor del av eleverna talar om att det bildas gaser eller något som går ut i luften. Många elever talar om att imman kommer från elden och håller fast vid denna förklaring även när jag upprepar frågan. Något finns i lågan, men det är oklart om det är bensen eller stearin och ännu mer oklart om det är syre eller luft. Vid alla jämförelser som avser samma kontext och även vid jämförelser mellan stearinljus och bensen som brinner, ökar förståelsen på det makroskopiska planet under projektet. De målsättningar för projektvärlden som redovisas i Le Maréchal-schemat för förbränning uppfylls av många elever. De vardagliga förklaringarna blir också färre och färre. Lektioner och intervjuer tycks påverka deras förståelse och intresse att förklara vardagliga fenomen.

### 17.6.3 Jämförelser med andra studier

Jag finner likheter med Meheuts et al. (1985) studie i att många elever inte ser förbränning som en kemisk reaktion. Eleverna utvecklar emellertid sina förklaringar så att de senare mer och mer talar om detta. Flera elever talar om att vatten finns i det som brinner och kokar bort bl a vilket också Andersson (1990) rapporterar. Elevernas svar tyder på att de är osäkra om lågans roll vilket också Meheut et al. samt Schollum och Happs (1982) finner. Det finns också elever som inte talar om att några ämnen förbrukas eller att ämnen kan förstöras av lågan. Däremot är det ovanligt att man säger att ett ämne som heter värme bildas vilket redovisas i bl a Schollums och Happs studie.

## 17.7 Vattnets kretslopp

### 17.7.1 Sammanfattning

I flera av de situationer som vi diskuterar omvandlas vatten från en tillståndsform eller fas till en annan. De beskrivningar som eleverna i detta projekt gör av vattnets fasändringar och kretslopp har analyserats med utgångspunkt från det som sker både på det makroskopiska och på det mikroskopiska planet.

Jag väljer att studera situationerna med den slutna glasburken vid första och tredje intervjun och vattnet på diskbänken vid den andra intervjun. Jag använder den kategorisering som Andersson (1990) och Andersson et al. (1993b) beskriver. Jag har dock gjort en modifiering av denna så att kategorin *förbjuden* ligger som en lägre nivå än *förflyttning*. *Förflyttning* innebär ofta att de säger att vattnet försvinner från ett ställe för att sedan uppenbara sig på ett annat. De som tilldelas kategorin *förbjuden* talar om avdunstning som kemisk reaktion eller om att t ex luft blir ånga. Dessa förklaringar har jag bedömt vara av lägre kvalitet än de med *förflyttningar*. I detta fall liksom för kemisk reaktion har kategorin *tecken på modifiering* tillkommit. Eftersom jag arbetar med elever som inte har så stor erfarenhet av naturvetenskap utgår jag från deras föreställningar och ser hur dessa utvecklas under studien. Jag har funnit att förklaringar, även om de har brister, kan vara utgångspunkter för utveckling mot bättre förklaringsmodeller.

### 17.7.2 Hur beskriver eleverna vattnets kretslopp?

Jag jämför hur eleverna talar om situationen med den slutna burken vid första och tredje intervjun. Därefter gör jag jämförelser mellan elevernas svar vid intervjuer med avdunstning i olika kontexter. Analysen tyder på att eleverna har en stabil kunskap om avdunstning om man ser till min kategorisering av detta fenomen. Det är mycket få elever som talar om avdunstning som att något bara försvinner, som att det är en kemisk reaktion eller som förbjudna transformationer. Redan vid första intervjun har nästan hälften av alla elever beskrivningar som innebär, att målsättningen i Le Maréchal-schemat uppfylls till stora delar. Avdunstning tycks vara ett begrepp som många av dessa elever kan förklara på ett bra sätt och i många fall ökar förståelsen. De tycks inte uppfatta vattenånga och vatten som två olika ämnen. Däremot använder man sitt vardagsspråk när man blandar samman ånga, imma och dimma. Man säger att man kan se ångan ovanför det kokande vattnet. Ibland vill man koppla samman avdunstning med att det har blivit varmt så vattnet avdunstat. Det är ett ganska stort steg från att ha kunskap om den enkla partikelmodell vi använder till att använda den för att beskriva det som sker vid avdunstning. Jag tror att det är en klar fördel att ha ett partikeltänkande om man vill beskriva skillnaden mellan avdunstning och kokning.

Situationerna med avdunstning av vatten från jorden och från diskbänken är olika till sin natur. Eleverna ser inte vatten som avdunstar i någon av situationerna. De ser däremot att det bildas vattendroppar på insidan av burken och att vattnet bara försvinner från diskbänken. Denna skillnad kan påverka hur eleverna förklarar avdunstningen som skett tidigare. Under samtalet om den slutna burken fokuserar jag avdunstningen genom att tala om var vattnet kommit ifrån och hur det kommer från jorden till glasväggen. I situationen med vattnet på diskbänken diskuterar vi vart vattnet tagit vägen. I de övriga utgångspunkterna för analysen studeras hur eleverna talar om hela situationen.

Frågan om regnet ställer till större problem för eleverna när man vill ha en förklaring till vad som händer i molnen – när de bildas och när det regnar. Däremot innebär inte avdunstningen från marken några större problem. Det är få elever som nämner att vattenångan kondenseras till vattendroppar när ångan kyls. Mer än hälften av eleverna talar om moln som behållare som fylls och som rinner över eller spricker när de blir för tunga. Det är lite förvånande när de tycks ha klart för sig vad som händer i kretsloppen i burken och med vattnet på diskbänken. Orsaken till problemen med vattnets kretslopp i naturen kanske är att regnet är en tydlig vardaglig företeelse som man inte använder sina kunskaper i no-ämnen för att tala om. Kunska-

per om vattnets fasändringar och kretslopp är bra verktyg att ta till när man talar om vardagliga företeelser. Utsagorna med fulla eller tunga moln kommer kanske från vardagsuttryck som regntunga moln eller tunga skyar.

Eleverna har arbetat mycket med vattnets kretslopp tidigare, men man fokuserade då inte fasövergångar hos vatten då moln bildas. Under lektionerna i projektet har elevernas föreställningar om hur regn bildas inte utmanats tillräckligt. När elever jämför de förklaringar de skrivit två år tidigare med vad de just sagt, är det många som inte ser skillnaden mellan det gamla och det nya, trots att det kan vara stor skillnad mellan förklaringarna. Uppgiften till eleverna innebär att de både ska kunna tolka bilden och minnas vad de sade en stund tidigare. Detta hade kanske underlättats av att eleverna vid båda tillfällena besvarat frågan skriftligt. Några elever använder sin gamla bild för att förklara vad de just sagt. Andra elever ser skillnaderna, men kan inte beskriva i ord vad de innebär. Det finns flera exempel på assimilation enligt Piagets terminologi i elevernas kommentarer till sina bilder. Det finns exempel på elever som tycker att det är samma sak och elever som omformulerar sina svar så det passar bilden, vilket också Piaget (1964) finner. Orsaken till att eleverna inte ser skillnaderna kan också vara att de inte vill kännas vid den sämre förklaringen de har haft. De är kanske också ovana vid att värdera och jämföra sina egna förklaringar. Det krävs goda kunskaper både om elevers förklaringar av vardagsfenomen och om olika komponenter i kretsloppet med regnet för att kunna bedöma sina egna eller andra elevers förklaringar. Den analys av sina egna förklaringar som uppgiften innebär, är därför en mycket stor utmaning för eleverna. De ska kunna jämföra en förklaring som de skrivit ner och illustrerat på ett papper med vad de just sagt. Detta innebär att de analyserar vad de egentligen menade med beskrivningen på papperet och ställer det i relation till det de just berättat.

### 17.7.3 Jämförelser med andra studier

Osborne och Cosgrove (1983) finner att en femtedel av eleverna tror att vatten försvinner när det avdunstar. I denna studie är det knappt någon som tror det. Orsaken till detta kan vara de olika förutsättningar som slutsatserna bygger på. I Osbornes och Cosgroves studie får eleverna ta ställning till fyra alternativa förklaringar och mina resultat bygger på att jag har tagit med elevernas svar även efter min påverkan. De elever som i första skedet svarar att det försvinner använder en vardagsuppfattning om att det som inte syns inte heller finns. När jag frågar vidare säger de att det försvinner upp i luften. Det är mycket sällan som de håller fast vid att det bara försvinner. Eleverna är väl medvetna om att vatten inte försvinner när det blir ånga och att kondenserat vatten måste komma någonstans ifrån vilket också Helldén (1993) finner.

Resultaten från analysen av beskrivningar av regnet har mycket gemensamt med den tvärsnittsstudie som Eskilsson och Lindahl (1996) genomför. Det stämmer också med andra studier om barns föreställningar om hur det blir regn av bland annat Bar (1989), Brody (1993), Piaget, (1973, kapitel 9 § 5) och Zárour (1976). Trots den ökning av antalet elever som talar om att vattenånga avkyls och bildar vattendroppar, är det hälften som fortfarande talar om fulla eller tunga moln. Många elever känner igen vattnets kretslopp från tidigare undervisning. Deras förklaringar har emellertid brister när det gäller att använda fysikaliska begrepp som avdunstning, avkylning av vattenånga och kondensering i sina förklaringar. Det framgår av deras förklaringar av hur moln bildas och vad som händer när molnen ger regn.

## 17.8 Spontana beskrivningar och beskrivningar vid samtal med mig

### 17.8.1 Sammanfattning

Jag jämför utvecklingen av elevernas spontana beskrivningar med deras beskrivningar i samtal med mig under intervjuerna. Jag gör detta dels för att se hur eleverna använder sina molekylbegrepp och dels för att iaktta hur de talar om gaser.

### 17.8.2 Beskrivningar spontant respektive i samtal med mig

En slutsats av analysen av hur elever talar om gaser, är att eleverna har kvar sina vardagsföreställningar om fenomenen och att de bredvid dessa bygger upp nya tankemodeller. I diskussionerna använder eleverna ibland vardagliga förklaringar och ibland olika modeller som bygger på deras tolkningar av naturvetenskapens begrepp och förklaringsmodeller.

Eleverna har hört talas om gaser före den första intervjun. Jag tror att detta påverkar både de spontana beskrivningarna och det de säger i samtal med mig. Makronivån tycks vara en nivå som många känner sig trygga på, innan de använder mer naturvetenskapliga begrepp och ord i sina beskrivningar. För gruppen som helhet tycks utvecklingen av gasbegreppet spontant gå parallellt med den för vad de säger i samtal med mig. Det är fler elever i de båda högre nivåerna vid den sista intervjun bland dem som kategoriserades på makro vid den första intervjun än bland dem som inte säger något om gaser då. Man kan se samma utveckling när det gäller hur de använder sitt partikelbegrepp. Detta kan tyda på, att de som nu har kunskaper så att de kategoriseras på mellannivåerna, har möjlighet att öka sin kunskap om och sin säkerhet i att använda sin molekylmodell. De kan göra detta när de möter nya utmaningar. En utveckling som många elever följer, är att de efter påverkan talar om fenomenen på makronivå eller i beskrivande form och därefter även gör detta spontant. Parallellt med de spontana förklaringarna på makronivåerna börjar de att tala om gasers partiklar och att använda sitt molekylbegrepp efter påverkan. De som är säkra i användandet av sin molekylmodell gör detta även spontant.

De två perspektiven *spontant* och *i samtal med mig* kan inte uppfattas som två klart avgränsade perspektiv som är entydigt definierade och som gäller för alla analysavsnitten. Det är ett sätt att beskriva två olika sätt att se på innehållet i elevers kunnande. Det första perspektivet kan kopplas till det vi ofta får fram när vi ger våra elever skriftliga prov. I det andra perspektivet söker jag efter delar av elevens kunnande som de behöver hjälp att ta fram. De har kunnandet men de använder det inte spontant. Det behöver inte betyda att de är osäkra utan det kan vara så att de inte känner att de behöver använda den kunskapen för den vardagssituation, som vi vill att de ska förklara. Där är det naturligt att använda vardagliga förklaringar i stället. Det kan också vara så att eleven genom samtal med t ex mig kan koppla samman olika komponenter i sitt kunnande för att dra slutsatser som det är svårt att göra på egen hand.

Detta synsätt innebär också att eleven har parallella förklaringsmodeller. De byter inte, åtminstone inte alltid, ut gamla tankestrukturer och ersätter dem med nya som de sedan använder när de ställs inför nya situationer. Det finns säkert situationer där modellen med förändrade tankestrukturer passar bra att beskriva lärandet med. Vi lär oss också som individer på flera olika sätt. Det som för en individ kan beskrivas, som att man bygger upp parallella tankemodeller, beskrivs bättre för en annan med att tankestrukturerna förändras mer permanent. Man ser på en händelse eller ett fenomen på ett helt nytt sätt.



### 17.8.3 Koppling till andra studier

Elevernas spontana beskrivningar kan kopplas till en syn på kunnande, som innebär att detta är något som man har individuellt och som kan plockas fram och användas, vilket bl a beskrivs av von Glasersfeld (1995, kapitel 5 och 10). Det som eleven säger i samtal med mig och med kamrater kan relateras till att kunnandet är kopplat till ett socialt sammanhang. Bland andra Östman (1995, kapitel 6), Schoultz (2000, s 7) och Säljö (2000, s 208-211) beskriver detta som att kunskapen är relaterad till en viss diskurs.

De två perspektiven på kunnande som jag har i studien kan jämföras med Edwards och Mercers (1995, s 125-162) två nivåer på elevernas inlägg. De studerar också hur diskursen påverkar elevernas lärande och kunnande. Deras definition av elevernas spontana inlägg ligger nära mitt perspektiv *spontant*. När det gäller det andra perspektivet, finns det också gemensamma synsätt men elevernas inlägg i deras studie tycker jag bygger mer på en kontroll av elevernas kunskaper genom att de uppmanas svara på några direkta frågor från läraren. Mina följdfrågor bygger ofta på att jag vill att eleven utvecklar det man just sagt och genom detta försöker jag få belyst det eleven visar av sitt kunnande om området. Jag har t ex inga frågor om gaser men genom elevens beskrivningar får jag en bild av hur elevens modell för gaser ser ut.

Skillnaderna mellan de båda perspektiven på kunnande relaterar jag dels till Vygotskys (1996, s xxxv, kapitel 6) beskrivningar av "the zone of proximal development" och dels till tankar om olika diskurser. Under samtalen med mig ger eleven först ett spontant svar på mina frågor. När jag ställer följdfrågor leds elevens tankar in på andra sätt att tala om fenomenen. Då kommer ibland förklaringar som innebär en djupare förståelse, och förklaringar som innebär att eleven använder de modeller som de bygger upp under lektionerna. Genom samtalen med mig får eleven tillgång till denna kunskap.

När elever talar om vardagliga fenomen använder de vardagligt språk. Detta motsvarar då en vardagsdiskurs där man inte använder kunskaper i naturvetenskap för att tala om fenomenen. Genom samtal med mig påverkas elevernas tänkande så att de kommer att tänka på det vi talar om på lektionerna. Vi talar om molekyler och vi diskuterar det som eleverna ser vid experimenten. Materielen, som används under intervjuerna för att åskådliggöra situationerna, är hjälpmedel som stöder elevernas tankar både då de ska förklara och då de ska "hitta in i diskursen". Diskursen motsvarar den som jag beskriver i schemana som Le Maréchal introducerat och inte den som definieras av kemister och fysiker. Det blir inte heller samma diskurs vid alla intervjuer utan elevernas svar och tänkande modifierar diskursen. Diskursen kan ses som en arena eller scen, där man använder ett visst språk och vissa speciella sätt att tala om fenomenen. Kärrqvist (1985, kapitel 10), Taber (1998), Tytler (1998), Petri och Niedderer (1998) samt Marton (1998) har beskrivit dessa tankar om parallella förklaringsmodeller på olika sätt.

## 17.9 Kunnande och erfarenheter

### 17.9.1 Sammanfattning

Ett mål för skolans undervisning i de naturorienterade ämnena är att eleverna ska kunna se kopplingar mellan sina erfarenheter och innehållet i undervisningen. Min kategorisering av hur eleverna hänvisar till sina erfarenheter utgår från Harlens och Symningtons (1988) nivåer för förståelse av naturvetenskapliga begrepp. De använder sin kategorisering för att analysera elevens begreppsutveckling, där den lägsta nivån innebär att eleverna bara talar om detaljer

utan något sammanhang. Den högsta nivån är att de kan formulera någon form av mönster eller regel.

### 17.9.2 Analys av kunnande och erfarenheter

Kan man mäta hur elevernas erfarenheter påverkar deras kunnande? När de på något sätt talar om tidigare erfarenheter när vi diskuterar vid intervjuerna innebär det enligt mitt synsätt att deras kunnande påverkas. Det kan också vara så att eleverna gör kopplingar mellan olika erfarenheter i sin vardagsvärld. Jag väljer denna typ av kategorisering eftersom det i den också finns ett mått på hur eleverna strukturerar sina erfarenheter. Elever som tilldelas kategorin *mönster* formulerar samband mellan olika händelser.

Jag övervägde att använda ett annat analysinstrument som har utarbetats av von Aufschnaiter och Welzel (1999). Deras analyschema påminner om Harlens och Symningtons (1988) schema. Det innehåller emellertid fler nivåer som innebär att eleverna själva beskriver de system eller regler som de ser, vilket jag inte tycker behövs i denna analys. Trots att båda dessa analyscheman används i andra sammanhang än mitt så är de användbara. Jag väljer Harlens och Symningtons schema för att det passar materialet i denna studie bäst.

Den lägsta nivån i min analys innebär att elever associerar till någon detalj när de talar om fenomen eller begrepp. De följande nivåerna innebär att de ser likheter respektive att de använder sin erfarenhet för att förklara orsaker till händelser. När de beskriver mönster så innebär det att de formulerar en regel eller ett samband som är mer eller mindre generellt. Jag söker alltså inte en total bild av hur elevernas förståelse utvecklas utan här fokuserar jag på den betydelse elevernas erfarenheter har.

Elevernas erfarenheter har stor betydelse när de talar om de fenomen vi diskuterar vid intervjuerna. Kvaliteten i hur eleverna anknyter till sina erfarenheter ökar under studien. Nästan tre fjärdedelar av eleverna använder sina erfarenheter när de beskriver mönster eller orsaker i den fjärde intervjun mot drygt hälften så många i den första. Det är också många som under projektet ser fler och fler kopplingar mellan sina erfarenheter och det vi talar om. Det kan bero på att de har en bättre förståelse av sina begrepp och därigenom ser kopplingarna. Det kan också bero på att de blir mer vana vid att tala om sina erfarenheter under projektet och att de vågar hänvisa till dem. Jag försöker koppla samman naturvetenskapliga begrepp med elevernas erfarenheter från kända fenomen under lektioner och intervjuer. Detta tror jag gör att eleverna i allt högre grad använder sina erfarenheter under diskussionerna. De använder också begrepp för att diskutera andra fenomen de kommer att tänka på. Detta kanske också stöds av att eleverna tänker på att jag är intresserad av att tala om fenomen de känner igen sig i både på lektioner och i intervjuer. Att tala med mig är kanske för eleverna en diskurs, där man talar om och diskuterar vardagliga fenomen.

Jag tar med denna aspekt i min analys eftersom den också ger information om hur eleven kan använda de verktyg i form av olika begrepp som introduceras. Om dessa kan vara till hjälp för eleven att strukturera världen, är det nödvändigt att skolans no-undervisning inriktas på att träna att använda dessa verktyg när man talar om vardagliga fenomen och argumenterar i samhälleliga frågor.

## 17.10 Lärandesituationer

Mitt fokus är att studera utvecklingen av elevers förståelse och deras sätt att tala om kända fenomen med hjälp av naturvetenskapliga begrepp och samband. Min avsikt är inte att pröva speciella undervisningssekvenser. I kapitlet 6 beskrivs innehållet i undervisningen. I inledningen av de olika resultatdelarna anger jag nyckelidéer i de olika undervisningssekvenserna och undervisningens målsättning belyses även med hjälp av scheman enligt Le Maréchal (1999).

### 17.10.1 Materiens faser

Resultatredovisningen kompletteras med analys av några sekvenser i undervisningen. Jag fokuserar elevernas förståelse i denna analys. Vid en lektion i andra undervisningssekvensen får grupperna i uppgift att dela upp några föremål i fasta ämnen, vätskor och gaser. I elevgrupperna diskuteras inte bara vilken grupp föremålen hör till utan också vad begreppen innebär. t ex "Fast ämne" är ofta ett problem eftersom det kopplas samman med hårda ämnen. Eleverna i gruppen påverkar varandra genom sina inlägg så deras kommentarer kan tolkas som kunande efter påverkan. Nästan alla elever har bra föreställningar om begreppen fast, flytande och gas vid den fjärde intervjun.

Mina slutsatser från arbetet med materiens faser är att Anderssons (1989, s 218) trestegsметод: fri undersökning, begreppsintroduktion och begreppsanvändning, är en metod som ger bra resultat. Jag tror inte att man kan introducera nya sätt att tala om ämnen, t ex att sortera föremål, utan att man introducerar och arbetar med några centrala begrepp. Det är också viktigt att eleverna får arbeta fritt med problemet i inledningen utan att styras i sina tankar. De hittar många olika sätt att sortera ämnen som stämmer väl med vad som rapporteras i tidigare undersökningar av t ex Krnel (1995). Vid arbetet med det tredje steget, att använda begreppet, kommer eleverna in på diskussioner om föremål som består av flera ämnen. Eleverna hittar då både gaser och fasta ämnen i ett och samma föremål vilket jag tycker visar en fördjupad förståelse av materiens faser.

Förståelsen skulle också underlättas av att man dessutom ersätter begreppet fasta ämnen med ett annat som bättre svarar mot betydelsen. Om man ska söka ett alternativt namn på detta begrepp måste detta vara sådant att det inte ger felaktiga associationer. Man skulle kunna utgå ifrån det, som är gemensamt för alla fasta ämnen och utforma det nya namnet från detta. Exempel på sådana beskrivningar på ett makroskopiskt plan är att alla fasta ämnen är massiva och kan pulveriseras. Engelskans uttryck "solids" för fasta ämnen översätts med solid eller kompakt. Ordet solid kan tolkas som något som helt igenom består av ett och samma ämne och kan då också passa in på vätskor och gaser. "Kompakta ämnen" ger samma associationer som fasta ämnen. Det är kanske svårt att införa ett helt nytt begrepp också men jag tror att det är viktigt att man uppmärksammar att begrepp som fast ämnen kan ge felaktiga associationer.

### 17.10.2 Hur mycket väger fotbollen?

Det andra exemplet jag valt för att belysa undervisningen är hämtat från en gemensam övning. Denna handlar om att luft väger och vi diskuterar hur vikten av en fotboll ändras då man pumpar mer luft i den. Nästan alla elever tycks ha klart för sig vad uppgiften går ut på. De talar om bollens vikt i grupperna och jag visar vågen som vi använder. Nästan alla elever tror att bollen blir lättare och de motiverar det på olika sätt med att den blir hårdare, studsar lätta-

re, innehåller mer luft m m. Några elever har emellertid sett ett experiment med ballonger på en pinne där man sticker hål på en av ballongerna så att luften pyser ut. De kommer ihåg förklaringen att den ballong som gått sönder blir lättare för att luft väger.

Att gaser väger något är en central del i kunnandet om gaser. Det är en del i ett enkelt materiabegrepp som visar att man ser en gas som ett ämne på samma sätt som en vätska och ett fast ämne. När vi diskuterar fotbollen vid den efterföljande intervjun har nästan alla elever klart för sig att fotbollen blir tyngre trots deras hypoteser om motsatsen vid lektionen. Många av eleverna ger förklaringar som bygger på att luft väger och att när man pumpar in mer luft så blir bollen tyngre. De talar också ofta om att luften pressas samman. Upplevelserna från experimentet med fotbollen i den för dem ovana situationen, där man talar om vikten av fotbollen, tycks hjälpa eleverna att förstå gasers egenskaper. De kan inte uppleva detta när de leker med bollar.

Det finns säkert elever som efter experimentet med fotbollen inte förstår hur man kan pumpa in så mycket luft att bollen blir tyngre. Bollen är full med luft från början. Jag borde ha visat hur mycket luft som finns i bollen genom att släppa ut luften igen och t ex fylla enliters plastpåsar med luft. Då får man 1-2 påsar fulla med luft. Även om eleverna kan trycka samman påsarna så ser man att det finns en hel del luft i bollen.

### 17.10.3 Kemisk reaktion

En tredje lärandesituationen innehåller bl a experiment med två vita pulver som de Vos och Verdonk (1990, s 4) beskriver. Flera studier rapporterar om elevers problem med att använda en enkel partikelmodell för att tala om fenomen, som innebär att det sker en kemisk reaktion. En förenklad förklaring på partikelnivå är att atomerna i molekyler och jonstrukturer omfördelas mellan de reagerande ämnernas mikrobyggstenar, så att nya byggstenar bildas. Det kan också innebära att man talar om hur elektroner omfördelas mellan olika atomslag. Den partikelmodell vi arbetar med i studien bygger t ex på att alla ämnen är uppbyggda av molekyler, att dessa molekyler är olika samt att de rör sig. Detta redovisas i Le Maréchal-schemat i resultatdelen om partikelbegreppet.

Vi nämner inte något om molekylers eller atomers byggstenar utom att molekylerna ibland kan delas upp i mindre delar. Det finns alltså inget i denna modell som kan stimulera tankar om omfördelning av elektroner. Den enkla partikelförklaringen kommer fram i några diskussioner mellan eleverna under lektionerna. De säger att molekyler blandas eller går ihop och då bildas något gult. De kopplar alltså samman att molekyler blandas med att något nytt bildas. Molekyler som blandas kan vara en enkel modell för att förklara det som sker på partikelnivå vid en kemisk reaktion. Detta kan tolkas som beskrivning av en växelverkan enligt min definition, nämligen att något sker när ett av ämnena påverkar det andra. Det kan också finnas makroskopiska erfarenheter bakom elevernas beskrivningar, t ex att man blandar målarfärger och får nya färgnyanser. I det här fallet är det två vita ämnen som ger upphov till en gul färg. Detta tror jag stimulerar eleverna till att tänka i nya banor. Då kommer eleverna kanske att använda sin molekylmodell till att förklara det de ser hända. Jag ser samma typ av förklaringar i de andra experimenten där något oväntat sker. Stålullen blir kopparbrun och det börjar bubbla i några andra experiment eleverna gör.

Min idé är att inte pressa fram begreppet kemisk reaktion genom att använda förklaringar som bygger på partikelbegreppet. Jag går i detta fall emot Bruners (1970, s 66-68) tankar om spiralmodellen där man för in begreppen tidigt och sedan förfinar dem efterhand. Ordet reagera

känner de flesta eleverna inte till. Med stöd av tidigare redovisningar om elevers svårigheter med begreppet kemisk reaktion och av resultat från denna studie är min slutsats att det är bättre att vänta med att införa detta begrepp. Eleverna får emellertid möta många exempel på kemiska reaktioner i denna studie och får då diskutera det som sker och se om något nytt bildas. Det är alltid exempel på att två olika ämnen reagerar. Jag studerar också om de beskriver det som sker som växelverkan mellan ämnen. Detta kan vara en bra grund för att senare tala om att ämnen reagerar. Jag kunde också valt att studera reaktioner som innebär att ett ämne sönderdelas men jag tror att det är lättare att starta med två ämnen som ger något nytt.

## 17.11 Problemställning

I redovisningarna ovan har jag belyst olika frågeställningar för respektive analysområde. I detta avsnitt diskuterar jag resultaten med utgångspunkt från de tre problemställningarna.

1. Hur utvecklas en grupp 10-åringars tankemodeller om materia?
2. Hur påverkar introduktionen av en enkel partikelmodell utvecklingen av elevernas förståelse?
3. Hur påverkar samtalet med mig elevens användning av sitt naturvetenskapliga kunnande?

Endast några få elever har tankemodeller som innehåller något om molekyler och atomer vid den inledande intervjun. Det finns föratomära uppfattningar hos några elever, när de uppmanas beskriva vad de ser med magiska glasögon. Under projektet kommer allt fler och slutligen i stort sett alla att känna till ordet molekyl. Många elever använder efter påverkan från mig sin molekylmodell för att beskriva fenomenen och för att tala om gaser. Det är betydligt färre elever som gör detta spontant. Det finns också en del elever som använder sitt begrepp, när de talar om fenomen men inte för att förklara dem. Jag finner också att eleverna har flera förklaringsmodeller parallellt och att de väljer den de tycker passar bäst för situationen. För att jag ska få underlag för en mer detaljerad beskrivning av olika utvecklingsmodeller, gör jag en sammanfattande kategorisering av hur de använder sitt molekylbegrepp. I denna ingår då graden av spontanitet och hur användbar modellen är för eleven.

I mina analyser av elevernas molekylbegrepp söker jag ett sätt att beskriva elevernas förståelse av detta begrepp och av ordet molekyl. Jag tror att första steget är att eleven tar till sig ordet som namn på små partiklar som bygger upp all materia och att de känner igen det. Detta begrepp tänker jag mig att eleverna utvecklar genom olika utmaningar vid undervisningssekvenserna och genom diskussioner med kamrater. Ett mått på elevernas förståelse av detta begrepp är hur eleverna använder det. Då ingår både benägenheten men också kvaliteten i begreppet som eleverna visar i sina utsagor. Elever som använder begreppet i sina förklaringar menar jag har en bättre förståelse än de som bara använder det när de beskriver fenomenen. I analysen av hur elever talar om gaser och kemisk reaktion ingår också deras beskrivningar av gasers partikelnatur som en del. Ibland består elevernas förklaringar med hjälp av sitt molekylbegrepp i att de projicerar det synliga till sin molekylvärld. Vi arbetar med en enkel modell och dessa förklaringar tycker jag kan ingå som ett steg i utvecklingen av den modellen. Elever säger ibland att molekyler lämnar vatten. Detta kan tolkas som att de menar att vattnet innehåller både vatten och vattenmolekyler. Det kan också tolkas som att eleverna använder ett vardagligt sätt att uttrycka sig. I de fall där jag direkt frågar vad eleven menar, talar de sällan om att molekyler försvinner och sedan blir det vatten kvar. Jag borde kanske ha varit mer

konsekvent i att fråga om detta men jag har strävat efter att introducera ett enkelt begrepp och att eleverna ska utveckla sitt sätt att använda detta.

Jag hade kunnat göra en annan typ av analys av elevernas förståelse av sitt molekylbegrepp och då koncentrerat mig på vilka komponenter som de lägger i begreppet. Exempel på sådana komponenter är att molekyler är små, de är byggstenar i all materia, byggstenarna är materien, det finns olika slags molekyler, grundämnen består av atomer. Detta kunde ha givit en bättre bild av elevernas förståelse av materiens byggnad men då från en annan utgångspunkt än den som redovisas ovan.

Eleverna utvecklas under tvåårsperioden på olika sätt enligt min kategorisering. Deras förklaringsmodeller utvecklas starkt under hela perioden både när det gäller att tillämpa partikelmodellen och när det gäller att beskriva makroskopiska inslag i situationerna. Det finns likheter mellan utvecklingen från olika perspektiv. Några elever utvecklar sina förklaringsmodeller snabbt och kan redan vid andra intervjun använda sin kunskap för att tala om vardagliga fenomen. Andra elever behöver längre tid och gör detta kanske först vid den fjärde intervjun. I alla analyser av elevernas beskrivningar finner man elever som går från en högre nivå i sina beskrivningar till en lägre. Detta tolkar jag som att elever utvecklar nya förklaringsmodeller men att de behåller sina gamla bredvid den nya. När de ställs inför ett nytt problem väljer de den förklaring som passar bäst för situationen. De kanske inte känner sig hemma i den aktuella diskursen.

Jag studerar hur eleverna refererar till sina erfarenheter och hur de använder sina modeller för att tala om andra erfarenheter. Eleverna använder allt mer sina nya sätt att tala om andra fenomen än dem vi diskuterar. Jag tolkar detta som att när eleverna blir säkra på sina begrepp så ser de också kopplingar mellan dessa och andra situationer de upplevt. Elevers olika erfarenhetsbakgrund och intressen påverkar naturligtvis hur väl de känner igen sig i de situationer vi diskuterar. Det finns också elever som nästan helt skiljer mellan skolans värld och det som de upplever i vardagliga sammanhang. Jag tror ändå att de kopplingar som elever gör till sina erfarenheter ger god information om kvaliteten i deras förståelse. Det är viktigt att eleverna får möta kopplingar mellan sina erfarenheter och skolans no-undervisning. Detta kan stimulera dem till att utveckla nya sätt att tala om och se på företeelser de möter i sin vardag.

Inom de olika delarna av redovisningen beskrivs modeller för enskilda elevers utveckling. Man kan se att utvecklingen av elevernas partikelbegrepp för hela gruppen påminner om utvecklingen från de övriga utgångspunkterna för analysen. Utvecklingen enligt den sammanfattande kategoriseringen har för många elever likheter med utvecklingen av hur de talar om gaser och hur de förklarar fasändringar hos vatten. I dessa båda senare exempel kan man inte koppla elevernas förklaringar till molekylbegreppet utan mer till att de diskuterar vardagliga fenomen med mig. När jag jämför samma typer av kemiska reaktioner, t ex att något brinner, ser jag en ökning av förståelsen på samma sätt. Ser man däremot på situationer som är mycket olika, påverkar situationen så mycket att man inte kan dra några generella slutsatser. Sammanfattningsvis tror jag, att jag vågar fastslå, att om man tidigt börjar använda kunskap i naturvetenskap för att tala om vardagliga fenomen, så kan flera elever göra det när man möter nya situationer. De kan tala om det som sker på makronivåer och de kan också använda ett enkelt partikelbegrepp, när de förklarar det de ser hända om vi påverkar dem att göra detta.

Under projektets gång är det en ökande andel av eleverna som spontant använder kunskaper i naturvetenskap för att tala om fenomenen. Detta tolkar jag som att de genom de exempel vi tar upp vid lektioner och intervjuer får nya inslag i sina begrepp. Detta gör att de känner att

begreppen är mer användbara och de vågar därför använda dem. De har troligen haft denna kunskap tidigare men nu ser de användbarheten tydligare. När jag sedan talar vidare med eleverna om situationerna och ställer följdfrågor, vågar de använda sina begrepp. Man kan säga att eleverna genom vårt samtal kommer in i en diskurs, där man använder kunskaper i naturvetenskap för att tala om fenomenen. Det de kan förklara i samtal med mig bygger också på deras molekylmodeller eller idéer om gaser. Innan eleverna tar fram detta måste de ha en uppsättning tankar kring sitt begrepp så att de är medvetna om dess användbarhet. I de senare intervjuerna har många elever samma nivå på sina spontana förklaringar som på sina förklaringar i samtal med mig. Detta är inte alltid den högsta kategorinivån. Det kan vara en mellan-nivå, som då kan tänkas vara den högsta nivå eleven vid det aktuella tillfället kan använda sina begrepp på. Jag kunde ha uppmanat eleverna att använda det de vet om molekyler till att förklara, t ex vart vattnet som fanns på diskbänken tagit vägen. Då hade nog ännu fler givit förklaringar som innebär en högre nivå från naturvetenskapens synsätt. Många elever kan mycket om molekyler utan att använda detta kunnande i sina förklaringar. De ser kanske inte att detta är användbart i de situationer vi talar om eller också behöver de en ännu starkare påverkan för att göra det.

Förhållandet mellan elevernas spontana förklaringar och det de säger i samtal med mig kommer fram i den longitudinella studien jag genomför. Jag studerar långsiktig utveckling och inte bara vad som sker mellan två närliggande intervjuer. Utvecklingen av elevernas förståelse spontant och i samtal med mig relaterar jag till hur de använder sin kunskap i naturvetenskap för att tala om vardagliga händelser. Det finns många exempel på att elever tilldelas en lägre kategori vid en senare intervju än vid en tidigare. Det innebär enligt min tolkning inte att deras kunnande blir sämre utan att de lägger nya kunskaper till de tidigare. När de sedan ställs inför att tala om ett fenomen så väljer de bland sina olika förklaringsmodeller. Då kan det hända att de stimuleras att använda förklaringar av lägre kvalitet trots att de har mer naturvetenskapliga förklaringar.

Tankarna om "the zone of proximal development", ZPD, och diskurser ligger nära varandra. Genom följdfrågor riktar jag in eleven på att utveckla sina förklaringar och då tala om fenomenen på nya sätt. Genom detta stimuleras eleven att använda sin lärandepotential i ZPD och att tala om det de ska förklara utifrån en ny diskurs. Resultaten visar att i stort sett alla elever vid samtliga intervjuer har kunnande som de inte visar spontant. Genom att de bjuds in till en ny diskurs kommer vi att få en mer fullständig bild av vad eleven kan. Jag tror också att det är viktigt att eleven känner att vardagliga förklaringar är bra att ha i en vardagsdiskurs men att det finns andra sätt att tala om företeelser som är bättre i andra diskurser. Jag tycker att syftet med undervisningen i no-ämnena eller i naturvetenskap inte kan vara att förbjuda eller ersätta vardagliga förklaringar helt.

## 17.12 Forskningsmetodiska överväganden

Jag studerar innehållet i elevernas beskrivningar av de vardagliga fenomen som diskuteras vid intervjuerna för att kunna beskriva utvecklingen av enskilda elevers kunnande. Olika kategorisystem används för att analysera elevernas kunnande. Begreppet kunnande är i studien kopplat till hur eleverna beskriver och förklarar vardagliga fenomen sett från två olika perspektiv. Utvecklingen hos enskilda elever redovisas som hur eleverna utvecklar sitt sätt att tala om dessa fenomen enligt min kategorisering av kunnande. Man kan ställa sig frågan om det verk-

ligen är möjligt att mäta en elevs kunskande. Det är svårt att få en fullständig bild av detta vilka metoder man än använder. Jag tror emellertid att det är möjligt att få en ganska omfattande bild av elevernas kunskande.

### 17.12.1 Analys av intervjuerna

Kategorisystemen i denna studie är utformade så att kategorierna har kvalitativa skillnader. Skillnaderna mellan kategorierna och skälen för ordningen mellan olika kategorier motiveras i respektive avsnitt i resultatdelen. De olika kategorierna beskrivs och exemplifieras med elevutsagor. Det är aldrig lika stora skillnader mellan två på varandra följande kategorier utan skillnaderna bygger på olika innehåll i definitionen av respektive kategori. Kategorisystemen bygger ibland på tidigare använda system, som t ex kategoriseringen av diskussionerna om lukt. Det systemet har tidigare använts av Andersson et al. (1993b) vid kategoriseringen av en enkätfråga om lukt. I övrigt har kategorisystemen utformats med utgångspunkt från elevernas svar och från genomgången av forskningsresultat om elevers förståelse. Se kapitel 3. För att pröva mina kategorisystem jämför jag mina slutsatser med tidigare studier. De nya kategorisystem som används bygger på tidigare forskning om elevers förståelse men är också ett resultat av mina egna värderingar och tolkningar.

Kategoriseringarna har diskuterats med kolleger och med lärare i de naturorienterade ämnena i grundskolan. Medbedömningen av intervjukategoriseringen har inte formaliserats utan huvudsyftet har varit att förfina kategoriuppdelningen och analysen av intervjuerna. Medbedömarna har kategoriserat en tiondel av de utsagor som jag använt i en analys och kategoriseringen har till 80-90 % varit lika med min kategorisering. Skillnader i bedömningen har ibland berott på olika tolkningar av kategoriernas beskrivningar och ibland på att vi tolkat utsagorna på olika sätt. Efter medbedömningen har strukturen på kategorierna förfinats och kategoriseringen av enskilda elevers uttalanden reviderats. När jag kategoriserar kvaliteten i elevernas beskrivningar finns det ibland tveksamma fall som hamnar ”mellan” två kategorier. Ibland beror detta på att jag inte följt upp elevernas förklaringar tillräckligt.

Målsättningen för olika begreppsområden, t ex elevernas molekylbegrepp och hur de talar om gaser, beskrivs i anslutning till respektive analysområde i s.k. Le Maréchal-scheman (Le Maréchal, 1999). För att öka tillförlitligheten görs analyser från olika utgångspunkter. Situationerna som diskuteras bygger på en analys av forskning om elevers förklaringar till vardagliga fenomen där materia transformeras. Elevernas förklaringar till fysikaliska förändringar har jag valt att studera med utgångspunkt från fasändringar hos vatten. Det hade kanske varit önskvärt att även ta med exempel på andra fysikaliska förändringar som t ex upplösning. Vid alla intervjuerna diskuteras situationer där det sker kemiska reaktioner. Molekylbegreppet och materiaens tillståndsformer, speciellt gasformiga ämnen, har använts som utgångspunkt för att studera elevernas tankemodeller om materia. Molekylbegreppet i studien bygger på en enkel modell som presenterats och som använts vid undervisningssekvenserna. Jag kunde valt att använda en mer komplett modell från början och studerat hur denna påverkat elevernas kunskande och benägenhet att använda den. Mina slutsatser av tidigare forskning leder fram till att jag väljer att använda den förenklade modellen. Av samma orsaker väljer jag att inte introducera begreppet kemisk reaktion utan att i stället inrikta min analys på hur eleverna beskriver situationer som innebär kemisk reaktion.



### 17.12.2 Perspektiv på kunnande

Jag har två olika perspektiv på kunnande där jag skiljer mellan elevernas spontana beskrivningar och det de säger i samtal med mig. Jag menar att man genom detta får en mer komplett beskrivning av kunnandet. I analysen av spontana beskrivningar tar jag också med det eleverna säger om de får en förtydligande fråga. De spontana beskrivningarna påverkas inte bara av hur intervjun utformas utan också av många andra faktorer utanför denna. Eleverna kanske är upptagna av andra tankar och de svarar olika utförligt när de får i uppgift att beskriva en känd situation som t ex vad som händer när ett ljus brinner. Det kunnande som eleven ger uttryck för i samtal med mig påverkas också av utformningen av samtalen vid intervjuerna. Dessa är halvstrukturerade och eleverna får olika följdfrågor. Vid varje intervju har jag en lista för vilka frågor som ska diskuteras. Se beskrivningarna av utformningen av intervjuerna i kapitel 7.

I analysen av de båda perspektiven på kunnande studerar jag dels det eleven säger på egen hand och dels det hon/han säger i samtal med mig. Jag menar att eleven genom mina följdfrågor kommer in i en diskurs där man använder kunskaper om naturvetenskap, när man talar om vardagliga fenomen. Den nya diskursen är säkert olika för de olika eleverna. För många elever innebär intervjuerna med mig en ny diskurs där de förväntas tala om speciella saker på ett visst sätt. Jag inleder därför intervjuerna med att tala om något helt annat. När jag sedan ställer följdfrågor kommer i stort sett alla elever att komplettera sina tidigare utsagor. Det händer också att de ändrar på det de redan sagt. Det kan också finnas elever som blir kvar i sin vardagsdiskurs eftersom vi talar om vardagliga fenomen. Följdfrågorna bygger dels på elevernas svar och dels på de i förväg bestämda följdfrågorna. Genom detta kommer jag inte att använda samma följdfrågor i alla intervjuer. Detta är naturligtvis en faktor som påverkar resultatens tillförlitlighet men jag söker det de enskilda eleverna kan förklara i samtal med mig, och detta kan jag inte få fram genom ett standardiserat frågeformulär. I reviderade kliniska intervjuer finns det också risken att man som intervjuare lotsar eleverna eller ”hjälper dem för mycket”. Jag tror trots dessa invändningar att jag genom mina följdfrågor får en bra bild av hur elevens utsagor påverkas av introduktionen av den nya diskurs, som mina följdfrågor innebär.

### 17.12.3 Utvecklingen av kunnande

Utvecklingen av elevernas kunnande är en annan central del i min studie. Pedhazur och Pedhazur Schmelkin (1991, s 224-229) beskriver faktorer som man måste ta hänsyn till vid analys av utvecklingen av elevernas kunnande. Under de två år som projektet pågår påverkas elevernas kunnande av andra erfarenheter än dem som de får vid intervjuerna och lektionerna i projektet. Jag gör en analys av hur eleverna använder sina tidigare erfarenheter vid intervjuerna. Slutsatserna av denna analys stämmer väl med kommentaren från Pedhazur och Pedhazur Schmelkin. Att använda intervjuer för datainsamling innebär att man har flera yttre faktorer som påverkar tillförlitligheten i elevernas förklaringar. Intervjuerna innebär i sig själva en inläringssituation. Eftersom jag inte har haft för avsikt att studera effekterna av undervisningen utan utvecklingen av elevernas kunnande är denna påverkan en naturlig del i denna studie. Den longitudinella designen ger mig möjlighet att följa samma elevers utveckling under en längre tid. Jag kan lägga in undervisningssekvenser där jag introducerar nya begrepp, som ger nya sätt att tala om vardagliga fenomen. Jag har inte haft för avsikt att pröva separata undervisningsmetoder eller sekvenser utan jag har velat se på utvecklingen av elevers kunnande, då vi arbetar med de här områdena på lektioner. Jag jämför inte bara närliggande inter-

vjuer utan också t ex första och tredje, andra och fjärde samt första och fjärde intervjuerna. Påverkan av tillfälligheter vid en enstaka intervju kan reduceras, men påverkan av yttre faktorer på intervjuerna kan aldrig elimineras helt.

I min analys studerar jag utvecklingen av elevernas kunnande från flera olika utgångspunkter vilket också ger mig fler möjligheter att hitta tillfälligheter som påverkar elevernas förklaringar. En annan sak som Pedhazur och Pedhazur Schmelkin (1991, s 224-229) talar om, är påverkan av de upprepade intervjuerna, då liknande frågor diskuteras. Intervjuerna genomförs med ett halvårs mellanrum men det finns elever som känner igen sig i de situationer som diskuteras. Man kan inte bortse från att eleverna efterhand lär känna mig allt bättre. Detta påverkar deras sätt att svara och deras villighet att svara. Jag talar vid varje intervju om att det bara är jag som får läsa utskrifterna eller får höra intervjuerna. Eleverna kan trots detta ha tänkt efter olika mycket vid intervjuerna. Min dubbla roll både som lärare vid undervisningssekvenserna och som intervjuare kan också ha påverkat deras sätt att tala med varandra och med mig vid intervjuerna. Detta är faktorer som måste beaktas då jag ser på utvecklingen av elevernas kunnande under projektet.

Den första intervjun genomfördes före den första undervisningssekvensen. Denna intervju kan vara intressant som utgångsläge för jämförelser med senare intervjuer. Man ska emellertid inte överdriva betydelsen av jämförelse med denna intervju. Jag är intresserad av hur eleverna utvecklar sina tankemodeller under projektet och hur de kan använda dem. I flera fall är det helt nytt för eleverna att använda sådana modeller för att tala om vardagliga fenomen. Det är därför av större intresse att se vad som sker senare under projektet efter fler och fler påverkanstillfällen i form av undervisningssekvenser.

#### **17.12.4 Generaliserbarhet**

Avsikten med denna studie är att studera utvecklingen av enskilda elevers kunnande ur olika perspektiv. Mina resultat gäller 40 elever, som alla tillhör samma årskurs i de åldersblandade grupperna. Resultaten kan ses som exempel på hur elever i de här åldrarna utvecklar sitt kunnande. Jag kan däremot inte kvantifiera mina resultat när det gäller att dra generella slutsatser. I detta projekt finns också undervisningssekvenserna och dessa påverkar elevernas utveckling. Om jag vill generalisera mina resultat måste även de tas med i diskussionen. Jag gör flera parallella analyser för att belysa ett och samma utvecklingsområde. Exempel på detta är de båda jämförande studierna av spontan utveckling och utveckling efter påverkan som jag gör för hur eleverna talar om gaser respektive hur de använder sitt molekylbegrepp. Ett annat exempel är de olika jämförelserna som görs för hur eleverna beskriver transformationer som är kemiska reaktioner.

#### **17.12.5 Mätmetoder**

Jag väljer i alla analyser att tilldela respektive elev den högsta kategorinivån, som används vid en viss analys. Elever använder ibland en lägre förklaringsnivå, vilket kan bero på att en del situationer inte utmanar dem att använda den högsta förklaringsnivån de skulle kunna använda. Detta kan också vara ett tecken på, att den högsta nivån inte är så stark att eleven ser dess användbarhet. Om jag i stället väljer typvärdet, det som eleven använder flest gånger, får jag ett mått på vilken av elevernas förklaringsmodeller som hon/han ser som mest användbar. Detta är också ett mått på elevens kapacitet men jag tycker inte att det är ett mått på elevens totala kapacitet.

Utvecklingen av elevernas kunskande påverkas av många faktorer utanför skolan. Det är inte så många av eleverna i gruppen som har talat om att de hört om molekyler och atomer utanför skolan. Det är bara några elever som har hört detta vid första intervjun. Det utesluter naturligtvis inte att några elever genom att vi talar om begreppet molekyl, är extra uppmärksamma om de hör eller läser detta ord. Man kan ändå anta, att den utveckling som jag ser i analysen av intervjuerna, till stor del speglar den påverkan som lektioner och intervjuer utgör.

I den avslutande intervjun ber jag eleverna berätta vad de vet om molekyler. För många elever finns det ett klart samband mellan det de säger då och deras kategorisering enligt den sammanfattande kategoriseringen. Det finns emellertid en del elever som kan berätta mycket mer om molekyler än det de använder vid intervjuerna. Detta kan uppfattas som att jag inte får ett mått på elevernas kunskaper om materia. Jag inriktar emellertid min studie på hur eleverna kan använda sin kunskap för att tala om vardagliga fenomen och då är inte deras svar på den direkta frågan om vad de vet om molekyler relevant. Jämförelsen mellan svaret på den direkta frågan och hur eleverna talar om fenomenen är ändå intressant, eftersom det ger en bild av hur eleverna uppfattar de begrepp som introduceras. Jag väljer att inte ta den direkta frågan förrän i slutet av fjärde intervjun, eftersom jag tror att den kan påverka eleverna att tro att de måste använda ordet molekyl i sina förklaringar. I min studie är det intressant att se hur de gör detta utan min direkta påverkan.

### 17.12.6 Sammanfattning

I denna studie finns några faktorer som kan utgöra hot mot tillförlitligheten i resultaten. Mitt val av att ta högsta värdet i stället för typvärdet är en av dessa. Jag har i flera fall utformat egna kategorisystem som inte använts av andra tidigare. De återkommande kliniska intervjuerna där eleverna med ett års mellanrum får samma situationer att diskutera kan medföra att eleverna känner igen sig. De kan dels ha funderat på det vi talat om efter förra intervjun och dels vara fast i sina tidigare förklaringar. En central fråga är också om man kan mäta kunskap hos elever och om det i så fall kan beskrivas som hur de använder kunskap i naturvetenskap för att tala om vardagliga fenomen. I många av de studier som redovisas i kapitel 3 får eleverna i uppgift att förklara naturvetenskapliga begrepp, vilket är lättare att mäta än deras sätt att använda kunskapen.

Jag har försökt öka tillförlitligheten i studien genom mitt val av metoder och sätt att analysera mina data. De båda perspektiven på kunskande bör ge en djupare kunskap om elevers kunskande. Detta ger mig också möjlighet att studera diskursens betydelse. Min sammanfattande kategorisering av elevernas användning av sitt molekylbegrepp bör ge en bredare bild av kunskandet än om jag bara redovisar de olika aspekterna var för sig. Den longitudinella utformningen av projektet ger mig möjlighet att studera utvecklingen på lite längre sikt. Jag kan också se hur arbetet med enkla begrepp som introduceras och följs upp vid kommande undervisningssekvenser påverkar elevernas tankemodeller. Mina analyser bygger ofta på att jag analyserar hur eleverna utvecklar sitt sätt att tala om vardagliga fenomen. Denna utveckling tror jag bara kan studeras om man utgår från flera intervjuer vid olika tillfällen.

### 17.13 Konsekvenser

När jag nu sammanställt resultaten och diskuterat denna studie ser jag olika möjliga uppföljningsprojekt som skulle kunna göras för att följa upp denna studie. Jag ser också idéer till

inslag i undervisningen i de naturorienterande ämnena i grundskolan inom det här området och inom lärarutbildningen för lärare i no-ämnena i grundskolan.

### **17.13.1 Fortsatt forskning**

Jag har genomfört men inte analyserat en femte intervjuomgång med eleverna ett halvt år efter den fjärde intervjun. Eleverna går då i sexan och har mer undervisning i de naturorienterande ämnena än tidigare. De har bland annat arbetat med materialets byggnad. I denna intervju kan jag därför se i vilken omfattning eleverna kopplar samman sina enkla begrepp med den presentation som de nu får. Jag skulle vilja följa upp denna femte intervju med de analysmetoder jag använt.

Alla lektioner i studien finns inspelade på video och de har analyserats. Där finns bland annat många inslag med dialoger mellan elever och mellan vuxna och elever. I en fallstudie beskrivs några enskilda elevers diskussioner och deras utveckling. Detta kan ge mer kunskaper om vad som påverkar utvecklingen av enskilda elevers kunnande. Diskussioner med och mellan lärarstuderande kring några elevers beskrivningar och diskussioner under lektionerna, kan ge underlag för studier av lärarstuderandes tolkningar av hur elever använder kunskaper i naturvetenskap för att tala om vardagliga fenomen. Det kan också ge underlag för en longitudinell studie av lärarstuderandes tolkning av konsekvenser för undervisningen i de naturorienterande ämnena i skolan. I alla dessa studier skulle jag vilja analysera kunnandet från de båda perspektiv som jag har i denna studie. Ett annat projekt där lärarstuderande också deltar är en studie av laborationer och lärande. Laborationer har en stor roll i skolans no-undervisning. De bör ge elever stora möjligheter att använda sin kunskap i no-ämnena för att tala om det som sker. I videofilmerna finns många exempel på situationer som lärarstuderande kan analysera från detta perspektiv. Genom att göra detta som en longitudinell studie kan man få en bild av hur lärarstuderande utvecklar sin syn på laborationernas roll.

### **17.13.2 Undervisning i grundskolan**

När det gäller undervisning i grundskolan tror jag att jag vågar säga att elever i de här åldrarna har bra förutsättningar för att använda sina kunskaper i naturvetenskap när de diskuterar vad som sker vid olika vardagliga händelser. Eleverna i denna studie visar många exempel på att de kan använda kunskaper i naturvetenskap när de talar om vardagliga fenomen. Man kan då välja att använda en partikelmodell eller också kan man hålla sina diskussioner på makronivån och diskutera och förklara det man ser. En enkel partikelmodell kan vara ett kraftfullt hjälpmedel. Den kan introduceras tidigt, eftersom man då också kan använda elevernas fantasi för att åskådliggöra partiklarnas värld. Partikelvärlden är en fantasivärld för eleverna, som jag tror de har mer tillgång till i 10-12-årsåldern än några år senare. Jag tycker inte att man ska var orolig för att eleverna får missuppfattningar som de sedan bär med sig t ex när de talar om vattenmolekyler som små, små vattendroppar. Det är viktigt att utgå från ett bredare perspektiv på kunnande t ex att eleven använder delar av detta först efter den påverkan som samtal med lärare och kamrater innebär. Eleverna kan inte själva bygga upp alla nya begrepp. Läraren är den som tillsammans med övriga elever utmanar och påverkar enskilda elevers tankar men som också introducerar nya begrepp. Elever kan ha föratomära tankar men det är inte troligt att de formulerar dessa som ett generellt partikelbegrepp. Parallellt med förklaringar på mikronivåer måste man naturligtvis diskutera förklaringar på makronivåer. Denna studie visar att några elever inte använder sina molekylmodeller i förklaringar och att de beskriver feno-

menen i stället för att förklara dem. Beskrivningar av fenomenen på makronivåer kan vara ett viktigt steg i elevernas utveckling mot att tala om fenomenen med hjälp av naturvetenskapens verktyg. Förklaringar på makronivåer är också viktiga komponenter i elevernas förståelse av vardagliga fenomen.

En utgångspunkt för genomförande av undervisningen är att kunskande kan finnas på olika nivåer. En annan utgångspunkt är medvetenheten om att eleverna inte byter ut vardagliga uppfattningar utan har flera olika modeller parallellt. Om detta kopplas samman med tanken att naturen är begriplig så finns en grund för att tidigt börja fundera över vad som sker runt oss.

I genomförandedelen finns beskrivningar av lektionerna och exempel som jag utgår ifrån. Det är viktigt att eleverna får diskutera sådana situationer eller problem, som innebär, att man försöker förklara fenomenen med sina egna modeller. Följande teorier om lärande har jag funnit vara bra utgångspunkter vid genomförandet av undervisningen:

- Bruner (1970 s 26-28, 66-68) – introduktion av begrepp tidigt och spiralmetod som innebär att man återkommer till dem flera gånger
- SCIS/LMN (Andersson, 1989, s 16) – de tre stegen fri undersökning, begreppsintroduktion och begreppsanvändning (CLIS Project, 1987)
- Andersson (1989, 1996) och von Glasersfeld (1995, kapitel 10) om konstruktivism – den enskilda elevens föreställningar kan beskrivas som tankestrukturer och dessa störs när de utmanas
- Vygotsky (1996, kapitel 7) m fl – elevens kunskande utvecklas i samspel med andra och med materiel.

Vissa av dessa kan kanske tyckas vara motstridiga och svåra att förena. Jag tycker att man behöver se lärandet och kunnandet från olika perspektiv för att få en bättre bild av det. Elevens föreställningar utmanas både genom samtal med andra och genom att de gör experiment. Detta kan leda till att gamla tankestrukturer revideras eller kompletteras. De som talar för lärande som en enskild aktivitet betonar ofta förändringar av tankestrukturer som innebär att gamla byts ut mot mer livskraftiga. De som beskriver lärande som en social aktivitet menar att lärande innebär att man utvecklar nya sätt att tala om fenomenen. Dessa gör man till sina egna men ofta har man kvar sina gamla sätt att tala om fenomenen. Vilken modell man sedan använder är beroende på den diskurs man är i. Jag talar i denna studie om vardagsvärlden och projektvärlden och dessa kan betraktas som två diskurser. I mina samtal med eleverna befinner vi oss i diskurser mellan dessa båda beroende på framför allt hur eleven svarar på mina frågor och följdfrågor. I några intervjuer talar vi utifrån en vardagsdiskurs under hela intervjun. Läraren är i samma situation och hennes/hans roll är viktig både när det gäller att tolka elevernas föreställningar och att få eleverna att omstrukturera dessa till användbara begrepp. Genom att man skapar tillfällen då eleverna kan använda sina begrepp i nya situationer tillsammans med kamrater och lärare ger man eleven möjligheter att utveckla sina begrepp. Det är emellertid viktigt både att utveckla nya redskap och att använda dem. Jag tror att läraren och eleverna bör vara medvetna om att man inte ersätter gamla föreställningar med nya.

Ett område som flera forskare funnit vara svårt är kemiska reaktioner. Jag tror att detta ofta beror på att man har målsättningen att elevernas förklaringar ska innehålla en beskrivning av vad som sker på partikelnivå. I detta fall tror jag att man ska starta med att studera vad som händer, när man blandar ämnen. Man kan ge fingerade namn åt de kemikalier man använder, vilket de Vos & Verdonk (1990, s 9) ger exempel på. Man kan också använda kända ämnen,

t ex färgämnen i bär, som fungerar som indikatorer när de blandas med citronsyra respektive tvättmedel. Man kan också göra blandningar som innebär att gas utvecklas genom att sätta ett surt ämne till en brustablett eller lite soda. I genomförandedelen finns dessa exempel beskrivna. I inledningsskedet arbetar man framförallt med att eleverna får beskriva vad som händer och att de får försöka förklara det som sker. Nästa steg är att lyfta fram det som sker som en växelverkan mellan ämnena. Förbränningar är lite extra komplexa eftersom många elever fokuserar på lågan och vad som sker i den. För några elever lever lågan sitt eget liv utan kontakt med det som brinner. Jag tror att man kan introducera begreppet ”reagera med” tidigare än jag gjorde. Det kan hjälpa eleverna att koncentrera sig på de saker som är centrala i det som sker.

### 17.13.3 Lärarutbildning

Min studie innehåller flera saker som har relevans för utbildning av lärare i naturorienterande ämnen i grundskolan. Man kan se användandet av naturvetenskapliga begrepp som nya sätt att tala om fenomen. Då är både kunskaper om den relevanta vetenskapliga begreppsvärlden och om elevers föreställningar och lärande viktiga. I skolans undervisning handlar det inte om att undervisa inom en av två världar som Le Maréchal (1999) talar om. Man bör försöka hålla dessa åtskilda och då definiera den värld som undervisningen behandlar och dess relation till vetenskapens värld och vardagens värld. Detta innebär att den blivande läraren får reflektera över hur man kan använda kunskaper i naturvetenskap för att förklara och diskutera vardagliga fenomen och samhällsrelaterade frågor.

De forskningsprojekt och konsekvenser för undervisningen i grundskolan som beskrivs ovan har också relevans för utbildning av blivande lärare.

### 17.13.4 Sammanfattning

Jag sammanfattar slutsatserna av det jag ser i denna studie i några punkter

- elever kan tidigt ta till sig vetenskapens ord och begrepp och använda dessa
- elever börjar tidigt bygga upp egna begrepp
- elever behöver olika lång tid för att bygga upp de nya begreppen
- det är viktigt att eleven får återkomma till de nya begreppen ofta och i nya sammanhang
- elever kan använda sina begrepp för att tala om vardagliga fenomen
- lärare och elever måste vara medvetna om diskursens betydelse för hur vi använder kunskaper i naturvetenskap
- föreställningar som är ”felaktiga” kan ibland vara ett steg mot bättre förståelse
- elever använder sina nya förklaringsmodeller parallellt med sina tidigare
- elevers kunnande är inte lika med deras spontana svar
- vissa naturvetenskapliga ord har en annan betydelse i vårt vardagsspråk vilket försvårar förståelsen
- en longitudinell studie kan ge en bra bild av den långsiktiga utvecklingen av elevers förståelse.

## 18 Summary

### 18.1 Background and Aims

In Swedish primary schools, everyday phenomena are often described but usually not explained. Perhaps the children can be helped to use their imagination when building their own models for discussing and explaining phenomena. An elementary particle model of matter is one example of a scientific model that could be a basis for the pupils' own models. A particle model for matter could help pupils to understand and explain phenomena involving transformations of matter.

The aims of this project are to study young people's ability to use science knowledge when talking about and explaining everyday phenomena involving transformations of matter. The development of pupils' explanations is studied on macroscopic and particle levels. Pupils' conceptions are studied from two different perspectives.

### 18.2 Framework

Frameworks for learning often refer to the works of Piaget and Vygotsky. Those who mean that learning best can be described as an individual activity often refer to Piaget's work. Von Glasersfeld (1995) summarizes this by saying that learning takes place when a situation leads to a perturbation, and this perturbation leads to an accommodation that maintains or establishes equilibrium. This means that pupils replace their old structures of thinking with new ones. In some studies, where the researchers have the individual's learning as a starting-point, there are some results where the individual learning is not attached to changes of the thinking structures. Kärqvist (1985, chapter 10), Taber (1998), Tytler (1998), Petri and Niedderer (1998) and Marton (1998) all mean that pupils use different models of thinking when talking about everyday phenomena.

Descriptions of learning in a social context often refer to Vygotsky's work. Pupils meet new ways of talking about phenomena in a social context, and they use these beside their old ones. Pupils' conceptions will be challenged and refined when pupils work together. Schoultz (2000, p 7) means that the discourse of science in science lessons is another discourse than the one you are in when talking about everyday phenomena. Östman (1995, chapter 6) emphasizes the importance the context and the use of language in the discourse have for the understanding. Solomon (1983) and Leach and Scott (1999) describe learning as the pupils' development of their ability to use these new ways of explanations on an individual level, and their reorganisation and reconstruction of the new information on a social level (Solomon, 1983; Leach & Scott, 1999).

Many researchers today have frameworks for learning containing both pupils' individual learning and learning in a social context. Piaget and Vygotsky also have these ideas but they do not make a strong point of the two aspects. Bruner (1990, 1996) completes his framework of learning with the social and cultural aspects of learning.

According to Leach and Scott (1999), learning science as learning to use science language can be understood as a process of internalisation. The learner must interpret, reorganise, and reconstruct his/her experiences from the interaction with others. Leach and Scott put learning in a social context together with learning as an individual activity.

Sfard (1998) and Paulsen (2000) describe learning by means of two metaphors, the acquisition metaphor and the participation metaphor. They mean that teaching must be an appropriate combination of these two metaphors, appropriate for the pupils and the teacher.

### **18.2.1 Consequences for this study**

The framework for learning in this study contains both pupils' individual learning and their learning in a social context. In the project pupils will discuss everyday phenomena with peers and with me. The role of the discourse will also be stressed in the interviews as well as pupils' use of parallel models of explanations.

## **18.3 Concept of matter**

Research on pupils' conceptions of science concepts and how they talk about everyday phenomena is important for me when I design teaching sequences and interviews during my project. I have the following structure of the presentation of such research:

- What is matter?
- Pupils' conceptions of matter.
- Pupils' ideas of the nature of matter.
- Pupils' conceptions of transformations of matter
  - Gases, liquids, and solids
  - Changes of states
  - Physical change or chemical reaction?
- Chemical reaction
- Teaching projects.

### **18.3.1 Pupils' conceptions of matter**

Many studies of pupils' conceptions of matter show the problems pupils have when describing what matter is. Stavy (1990, 1991) finds that pupils do not consider invisible things to be matter. In Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer and Blakeslee (1993), and Stavy (1991) pupils mean that weight is central for matter. Many pupils cannot separate the concepts of matter, material and substance (Stavy, 1991; Krnel, Watson & Glazar, 1998; Johnson, 1996).

### **18.3.2 Pupils' ideas of the nature of matter.**

The research on pupils' conceptions of the structure of matter contains many different conclusions. Piaget (1972) finds a spontaneous development of pupils' atomism when they talk about dissolving sugar in water. They say that the visible grains of sugar will be split into smaller and smaller particles until we cannot see them. Novick and Nussbaum (1978) use magic glasses to challenge pupils' models of gases. They mean that pupils must practice to use and develop their own models. De Vos and Verdonk (1996) mean that the particle model of matter is a good example of the stress between complicated modern theories that are difficult for pupils to accept, and the simplified models that are naive and false.

Renström (1988), Ben-Zvi, Eylon and Silberstein (1988), Griffith and Preston (1992), Whiteley (1993) find in their studies that pupils give the particles macroscopic properties. They talk about continuous matter and that a copper atom is a small piece of copper.



BouJaoude (1991), Claxton (1993) and Solomon (1992, chap 1) state that pupils' descriptions of the particle nature of matter often are unconnected and fragmentary. Others, like Johnson (1998), Lichtfeldt (1996), and Nussbaum (1993), suggest that a basic particle model can be introduced to young pupils.

It is important for pupils to work with models in order to develop their own models of scientific concepts (de Vos & Verdonk, 1996). Many studies have been carried out which address pupils' conceptions of transformations of matter but very few have a longitudinal design. Even young pupils can use a basic particle model to explain everyday phenomena (Johnson, 1998; Novak & Musonda, 1991). Nakhleh and Samarapungavan (1999) state that to understand the microscopic world you have to use your imagination to go from the macroscopic world to the world of particles. They suggest that this points towards an early presentation of the particle nature of matter.

### 18.3.3 Pupils' conceptions of transformations of matter

Matter can be transformed by physical changes and by chemical reactions. Physical changes can be changes of state and dissolutions. Understanding changes of state involves understanding the phases of matter. Stavy and Stachel (1985) and Krnel (1995) find that 9-13-year-old pupils do not spontaneously sort substances in solids, liquids and gases. They try instead to sort the substances according to what we can do with them. Pupils use water as a prototype for the concept of liquids according to Krnel et al (1998) and Lee et al (1993) and this seems to help them building up this concept. The Swedish concept "fasta ämnen" for solids make pupils think of hard and solid substances. Krnel (1995), Johnson (1996), and Lee et al (1993) also find this. Piaget (1973) finds that many pupils do not know that air is a gas, as also noted by Séré (1985) and Stavy and Stachel (1985).

Many studies about evaporation and condensation of water have been carried out. Zarour (1976), Bar (1989), Brody (1993), and Eskilsson and Lindahl (1996) find the same ideas about clouds and rain as Piaget (1973) Many of them mean that rain is a good everyday situation to use when introducing science concepts as evaporation and change of state. Bar (1989), Helldén (1993), and Eskilsson and Lindahl (1996) find that even young pupils, 9-10-year-olds, use the cycle of water in their explanations. Brody (1993) mean that you cannot reduce the phenomenon of rain to some science concepts but you must also take in aspects from the geosciences about the atmosphere and subsoil water.

### 18.3.4 Chemical reaction

Andersson (1990) and Johnson (2000a, 2000b) report on pupils' difficulties in explaining transformations that involve chemical reactions. Andersson defines a categorisation of pupils' explanations of situations involving chemical reactions:

- It is just like that
- Displacement
- Modification
- Transmutation
- Chemical interaction

Many researchers have used this categorisation. Often only very few pupils are found to be in the last category, that correspond to the chemists' understanding of chemical reaction. Krnel

(1995) finds that many pupils describe combustion as a modification. He means that if pupils do not know the difference between object and substance they explain chemical reactions as modifications. Johnson (2000a) thinks that using Andersson's categories favours those who have a good concept of matter. You cannot see when a substance changes if you do not know what a substance is. Solsona and Izquierdo (1993) study the verbs used by 16-year-olds when they explain what happens when a nail is rusting and when peeled apples or potatoes are getting darker. They find both chemical concepts and everyday explanations. Holding (1987) and Meheut and Chomat (1990) find that pupils often talk about what happens with one of the substances and say nothing about interaction between the substances involved in the reaction.

### 18.3.5 Teaching projects.

Many school projects build on the results from research on pupils' conceptions of the concepts of matter and transformation of matter. Lijnse (2000) compares the *Children's Learning in Science project (CLIS-project)* in Leeds and a problem-posing project used by a group from Utrecht. The CLIS-project has three phases: the elicitation phase, the restructuring phase, and the review phase. Lijnse suggests that the evaluation of the CLIS-project shown by Johnston (1990) is no evidence for the CLIS-project being better than ordinary teaching. He finds that the particle models pupils spontaneously use in the CLIS-project are small-scale macroscopic objects. They differ from the particle models used in science. The starting-point for the problem posing approach is that pupils do not have any alternative conceptions that need to be changed. Pupils have to learn to use the scientific models. In this project it is important for pupils to know the background for why a particle model can help us to understand macroscopic phenomena and in what way these particles differ from small-scale macroscopic particles.

Nussbaum (1993) finds a growing awareness of pupils' difficulty in understanding the particular nature of matter by the teachers. He suggests an introduction of a basic particle models at the age of nine. He proposes a teaching project of 15 lessons. These contain questions to discuss and experimental situations. Examples of questions to discuss:

- Is air matter?
- What can you see if you use magic glasses?
- Why can you compress air more than water?
- What smells most of acetone and water?

Tveita (1993, 1996) introduces a kinetic particle model to 12-16-year-olds and finds that these pupils could use a basic kinetic particle model.

## 18.4 Research questions

I followed 40 pupils for two years from the age of 10 years. During this time I studied how they use science knowledge to explain and talk about everyday phenomena. The project addressed the following questions:

- How does a group of 10-year-olds develop their 'thinking models' of the nature of matter?
- How is the development of the pupils' understanding influenced by the introduction of a basic particle model?
- How does talking with a researcher influence their use of scientific knowledge?

I think pupils' individual knowledge can be described both as their spontaneous explanations and as their explanations with appropriate help in discussions with teachers or with other pupils. The later relates to the Zone of Proximal Development (Vygotsky, 1996). Therefore I study pupils' use of science knowledge from two perspectives:

a/ what pupils spontaneously can perform on their own

b/ what pupils can perform when they talk with me.

## 18.5 Methods and samples

The present study on learning and development of pupils' thinking builds upon data from a two-year longitudinal study of 40 pupils' explanations of everyday phenomena involving transformations of matter. The sample includes pupils in five classes from two different schools. The pupils in these classes were born between 1986 and 1988. The sample for the interview study includes about 40 pupils born in 1987. Data were collected in four interviews with each pupil from age ten to twelve. After the introductory interview there was one instructional unit of three lessons followed by an interview two months later each term. Knowledge of research on pupils' use of scientific knowledge when talking about everyday phenomena was an important source when I planned the content and implementation of the teaching units and interviews. In this project, I was the teacher as well as the researcher.

In the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> interview the same three situations are discussed: a sealed box with soil, a burning paper/a burning candle and the smell of sweets. In the 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> interview, other situations such as burning petrol, rusting iron, rain, and magnesium in citric acid are discussed. I use semi-structured revised clinical interviews. All situations discussed during the interviews are illustrated with real objects. When we discuss smell we have sweets that smell and the burning paper is set on fire during the discussion. I had a list of things to be discussed but my follow-up questions built upon the pupils' answers. One aim of the interview was to present the discourse of science when talking about everyday phenomena.

In the instructional units between interviews some key ideas were presented and the pupils were doing practical work and discussing in groups of four. In the first instructional unit a basic particle model was introduced, to be used when discussing experimental situations during the instructional units. Development of the basic particle model is one of the themes during the instructional units. Pupils have to examine how they can compress water and air in closed containers. They also have to explain why a mixture of 50 ml water and 50 ml alcohol does not become 100 ml. To challenge their thinking about the particle nature of matter they also have to discuss why cylinders of aluminium, wood, and brass have so different weight.

Other recurrent themes are states of matter, gases and chemical reactions. In the first lesson, pupils have to assort substances in groups and argue for their grouping. In the next instructional unit they have to group new substances in solids, liquids and gases. In the third instructional unit the groups have to describe some substances. I want to see if they use the concepts of states of matter.

Examples of tasks about gases are evaporating acetone, sublimating carbon-dioxide snow in a plastic bag, the weight of a football before and after pumping in air.

I decided not to introduce the concept of chemical reaction until the last instructional unit. Nor did I use the particle model when discussing what happens during reactions. To illustrate

chemical reactions, pupils mix pairs of substances e.g. citric acid and blueberry, soda and blueberry. We studied what happens and that new substances are formed and sometimes pupils talk about interaction between substances too. Similar tasks come back in the third instructional unit.

All the interviews were recorded on tape and transcribed. The lessons were videotaped and transcribed. The longitudinal design makes it possible to analyse the development of the individuals from different perspectives, e.g. over time, different contexts, and the influence of instructional units. Pupils' conceptions, as shown in the semi-structured interviews, are analysed from their spontaneous explanations as well as from their explanations with appropriate help in discussing with me.

Pedhazur and Pedhazur Schmelkin (1991, p 224-229) state that the researcher must be the greatest critic of the methods used. They give some examples of risks with this type of interviews. Using the same situations in recurrent interviews has an influence on pupils' answers. Different designs of interviews influence the result. Pedhazur and Pedhazur Schmelkin (1991, s 229-230) discuss generalization of the results and mean that this depends on the quality of the data collecting and the data processing.

## 18.6 The results

The interviews were analysed from different starting-points. The systems of categories are based on pupils' answers and on the scientific concepts. In each system I try to find categories corresponding to an increasing quality of understanding.

I start with an account of the development of pupils' particle models and how they use these models. Then I summarize how they talk about gases and situations involving chemical reactions. In all interviews we discuss what happens when something is burning and this type of chemical reactions has one chapter. Pupils' descriptions of a transformation involving a physical change is shown in a chapter named *Pupils' conceptions of the cycle of water*. One aspect of pupils' knowledge in science is how they relate this knowledge to experiences in everyday life. In *Knowledge and experiences* pupils' use of everyday experiences in the interviews is shown.

In order to illustrate learning situations in the instructional units some examples of these are given. They are only examples and are not used to illustrate the development of pupils' knowledge. The results also contain some examples of the development of individuals from different aspects.

### 18.6.1 The particle nature of matter

In the project we use a basic particle model. All substances are made up small particles called molecules. There are different types of molecules in different substances.

The description and combined categorisation of pupils' conceptions of the particle nature of matter contains three aspects:

A/ the quality of pupils' particle model showed during the interview

B/ the tendency of pupils using their concept of molecule during the interview

C/ the number of situations in the interview where they use the concept of molecule.

The aspect of the quality of pupils' particle model showed during the interview is based on pupils' explanations from the "talking with me" perspective. It contains pupils spontaneous statements as well as what they say after my follow-up questions. This aspect is categorized in the following categories: recognizing the word molecule, using the word molecule in descriptions, and using the word molecule in explanations. Statements in the explanation category involve talking about molecules as particles.

The A-aspect also is used on pupils' spontaneous explanations. Several pupils have the highest level in many of the three later interviews on the "talking with me" perspective but their spontaneous use of the concept comes later. Sometimes pupils are assigned a lower category in a later interview. I think this is because they have parallel models of explanations and that they use the model they think is best for each situation. When their model with the scientific content is growing stronger I think they choose this in more situations.

Pupils' tendency to use the concept of molecule during the interview is defined as the spontaneity of their use of the concept of molecule. The categories are: use after the influence of my follow-up question, spontaneous use later on in the interview but before my follow-up question, and spontaneous use early in the interview. My motives for this B-aspect of pupils' conceptions are that the use of the concept is related to the quality of the molecule model. If the pupils have a good particle model and see the use of it they also use it more spontaneously.

The third aspect in the combined categorisation is the number of situations in the interview where the pupils use the concept of molecule. If a pupil can see the use of the molecule model in all three situations discussed in the interview I think she/he also builds it on a model of higher quality.

The highest combined category, *spontaneously well*, means that the pupils use their concept of molecule to explain phenomena spontaneously in two of the three situations in the interview, and the category *spontaneously* that they use their concepts of molecule spontaneously in one situation in the interview. The category *stimulated* contains those pupils who use their concept of molecule to describe what happens in the situation only after stimulation from the interviewer. The stimulation can be a follow-up question. Pupils not using the word molecule in their descriptions have the lowest category, *do not mention*, for the interview. Table 74 illustrates the differences in categorization in the 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> interview.

Table 74 Combined categorisation of pupils' use of their concept of molecule. Comparison between categorization of the 2<sup>nd</sup> and the 4<sup>th</sup> interviews

		Interview 4				
		Do not mention	Stimulated	Spontaneously	Spontaneously well	
Interview 2	Do not mention	4	8		6	<b>18</b>
	Stimulated	3	3	3	1	<b>10</b>
	Spontaneously		1	1	3	<b>5</b>
	Spontaneously well		4		2	<b>6</b>
		<b>7</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>39</b>

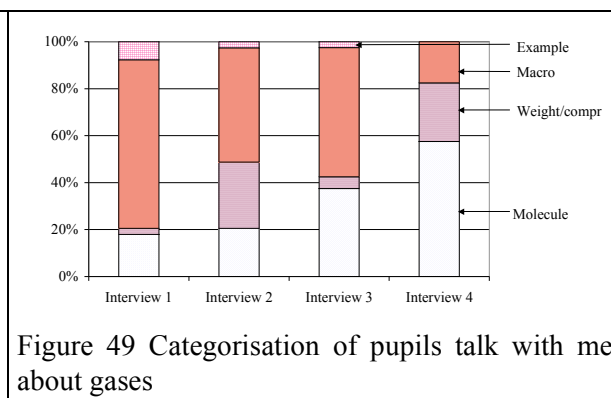
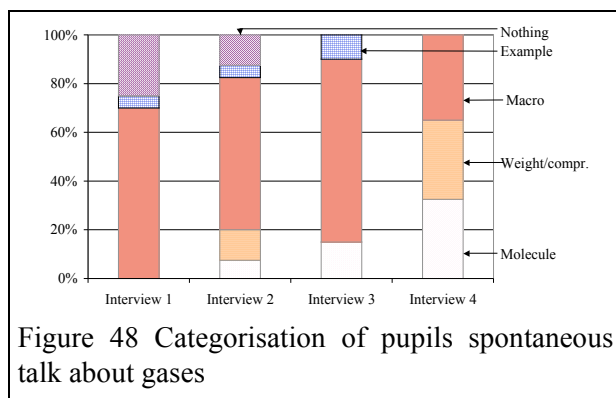
About 50% of the pupils belong to a higher category in the later interview when comparing the use of their particle model in the second and fourth interview. Many of them are in categories two or more steps higher. In the fourth interview twelve pupils, 30%, use molecules spontaneously to explain phenomena in more than one context (*spontaneously well*), and more than 80% do this spontaneously or after some assistance (*spontaneously well*, *spontaneously*

and *stimulated*). In all comparisons between two interviews the amount of pupils in the higher categories are increasing. About five pupils belong to a lower category in a later interview. This can be due to the fact that this interview does not stimulate those pupils to use their new model.

In the 4<sup>th</sup> interview pupils are invited to tell me what they know about molecules. The analysis of these answers is based upon how many of the following three components the pupils spontaneously have in their answers: everything is built up from molecules, the molecules are small, and different substances are made up from different molecules. I compare each pupil's answer on this question with the combined category for the pupil. All pupils in *spontaneously well* and *spontaneously* give two or three of the components. None of those giving only one of the components are in these categories. Almost half of the pupils can give two or three of the components but they do not discuss the phenomena in a way, which puts them in any of the spontaneous categories. They do not see the connection between their concept of molecule and their everyday experiences. Perhaps their models are not so strong that they dare to use them.

### 18.6.2 The concept of gases

When discussing the situations in the interviews the pupils often spontaneously talk about gases. I think this gives information on pupils' knowledge of gases. I did not ask specific questions about gases. In the 1<sup>st</sup> teaching sequence we work with states of matter and gaseous water. In the second teaching sequence the pupils have to describe what a gas is and we carry out experiments comparing compressing air and water. In the third teaching sequence we focus on the weight of air and steam.



The analysis of pupils' conception of gases has the following categories: comparing with air and other gases, talking about gases on the macro level (e.g. evaporation), giving examples of properties: a gas has weight or it can be compressed, and talking about gases on the molecule level. Pupils' talk about gases is analysed from two perspectives: spontaneous talk and talk with me. Many pupils have a higher level when I put follow-up questions than in their spontaneous talk. When we are talking, pupils leave their everyday discourse for a discourse where we use scientific knowledge. Figures 48-49 show the distribution of pupils' categories from these two perspectives.

The gases that pupils are talking about in most cases are steam, air and carbon dioxide. Pupils' talk about gases grows during the project and they use their knowledge about gases more

and more spontaneously. In both perspectives the higher category pupils have in the 1<sup>st</sup> interview the higher category they get in the 4<sup>th</sup> interview. Pupils' early experiences of using science to talk about everyday phenomena seem to stimulate the development of their understanding science concepts.

### 18.6.3 The concept of chemical reaction

Many of the situations discussed during the interviews involve chemical reactions. The concept of chemical reaction is introduced in the last instructional unit. In the previous lessons the pupils have to describe what happens when they mix some everyday substances. In the interviews they meet other situations where chemical reactions are involved. Signs of chemical reactions in the descriptions of these situations are studied. The pupils are not asked to explain the concept of chemical reaction. The categorisation is based on Andersson's categories (1990). The categories used are *description*, *a new substance is formed*, *interaction between substances*, and *the use of their particle models*. That categories *new substances are formed* and *interaction* are assigned to statements where pupils talk about signs of chemical reaction. *Interaction* means here that at least one of the substances involved exert an influence on the other. *Interaction* is a higher category than *new substances are formed* because it means that pupils' statements contain explanations to what they see happens when new substances are formed. This analysis is based on pupils' statements in talk with me – not only on what they say spontaneously.

Understanding chemical reactions on a micro level is not the focus in the project. In spite of this 10-20% of the pupils use their molecule model when they talk about chemical reactions. Pupils' explanations of situations involving chemical reactions seem according to my analysis to be very context dependent. 27 of the 40 pupils talk about *interactions* when they talk about the rusting iron but only three when they talk about the burning paper. When talking about rusting iron pupils use verbs as *cannot stand*, and *is corroded*. The number of pupils categorised as *description*, the lowest category, is reduced with 30-40% when they talk about the same context one year later. When comparing the analyses of pupils' explanations on the same or similar situations more pupils always have higher quality in their explanations in the later interviews.

### 18.6.4 Pupils' conception of combustion

Combustion is a chemical reaction between oxygen and another compound, where mostly gaseous products are formed. All pupils have experience of e.g. burning candles. What happens when something burns will be discussed on a macroscopic level: the role of oxygen/air, where the water formed comes from, and the ashes. In all interviews there is a combustion situation. The main categories used in the analysis are: nothing about oxygen or air, oxygen/air is needed, and interaction with oxygen/air or with the flame. There seem to be similarities between pupils' explanations of burning candle and burning petrol. Only a few pupils do not mean that oxygen or air is needed. In the first interview 12 pupils of 40 do not mean that it is needed for a burning paper. Almost half of the pupils talk in the third and fourth interview about some interaction when a candle or some petrol are burning.

In the situations with a burning candle and burning petrol a jar is put over the burning substance. Almost all of the pupils state that the candle will burn out after some seconds because the oxygen/air is running out. Often they do not say anything about what happens with the

oxygen/air. Where the water formed on the inside of the jar is coming from is not clear. Many pupils say that it comes from the flame or from the candle or petrol. Some thinking it is coming from the burning material, describe it as formed but others mean that petrol or the candle contain water. Many pupils mean that only solids and hard materials form ashes when they burn.

### 18.6.5 Pupils' conceptions of the cycle of water

In the interviews there are situations involving transformations of water to steam and the reverse from steam to water. We have soil in a sealed box in the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> interview, evaporating water on the kitchen sink in the 2<sup>nd</sup>, and discussion of rain in the 4<sup>th</sup> interview and on the introduction lesson. In the analysis I show the results for the discussion about rain separately.

The categorisation of the first three interviews is based on the categories of Andersson (1990). I have put in an extra category: *a sign of modification*. Statements in this category contain most of the claims for *modification* but are not complete. I do this because I think this will give me more detailed information about the development of pupils' understanding of changes of matter. In the 1<sup>st</sup> interview *a sign of modification* is the most common category but in the 3<sup>rd</sup> interviews almost half of the pupils are assigned to the category *modification*. Almost two thirds of the pupils have the categories *a sign of modification* or *modification* in the second and third interview.

In the introduction lesson the pupils have to explain as a paper and pencil task how it will be rain. This question comes back in the fourth interview. The categorisation builds on Eskilsson's and Lindahl's (1996) study and it is built on pupils' description of the cycle of water. Almost all pupils talk about cycles of water both in the interview and in the paper and pencil task two years before. About 30% of them say in the 4<sup>th</sup> interview that the steam will be colder and clouds are formed. More than 50% of the pupils say that the clouds will be filled with water or will be too heavy and then it will rain. For some pupils the clouds are in the air like containers but for most of them clouds are formed.

The pupils have to compare their paper from the introduction lesson with what they just have said to me in the 4<sup>th</sup> interview. This is not easy for them to do. Many pupils mean that they say the same thing as they have written on the paper two years before. Others say that there is differences but cannot explain them.

### 18.6.6 Knowledge and experiences

During the interviews pupils often refer to everyday experiences. These comments can be of different quality from details to using overall patterns. An analysis of this can give information about the development of pupils' understanding as well as about how they use science knowledge when talking about everyday phenomena. My category system builds upon a system by Harlen and Symnington (1988). They use it to describe the development of pupils' ability to make observations. I use the following categories: details, similarities and differences, explanations, and patterns. The category *explanation* is added because I want to see how they use their experiences to explain phenomena without talking about pattern or science laws.

Almost all of the pupils often refer to other experiences during the interviews. The number of pupils in the categories *explanations* and *patterns* rises during the project. Almost 75% of



them have these categories in the fourth interview. 25% give patterns involving other experiences to explain the situations.

### 18.6.7 Learning situations

The analyses of the pupils' conceptions are based on the interviews. In order to illustrate some learning situations in the instructional units, I describe three examples. The first example concerns pupils' conceptions of the states of matter, the second gases, and the third chemical reactions.

#### The states of matter

The state of matter is one of the recurrent themes of the study. The first problem for the pupils is to group some substances I have put together in separate plastic cups. The substances include water, toothpaste, sour milk, potato flour, juice, a balloon with air, woollen cloth, wood, aluminium, a piece of chalk, a flower, a straw in a cup with water ('the bubbles'). All groups discuss and compare the substances in the cups and consider different ways of classifying them according to similarities and differences.

After the group work, each group reports on what they have come up with and what they have found in common amongst the substances. In the analysis, I look for a structure in the pupils' ideas of similarities between substances, drawing upon an idea used by Krnel (1995) in a study of how pupils aged 9, 11 and 13 classify everyday materials. Overall, there are 24 groups in the classes. None of the groups refer to states of matter in their classifications. However, most of the groups place the two examples of gases in the same group and call it 'air'. This way of classifying is categorised as 'kinds of matter'. "Flower and tree needs water and cloth can suck water, these three can suck water" is categorised as 'action or purpose'. "Flower, tree, plants, sour milk, potato flour come from the nature" as 'relation'. "Toothpaste and sour milk are thick" as 'perception' and "Juice is drinkable like water, that contains oxygen and there is oxygen in the balloon" as 'sequence'. Many groups discuss relationships between the substances during the lesson. They often describe this in terms of chains between, e.g. juice and water and then water and flowers. Then they place juice, water and flower in the same group. Most groups discuss the relationship of the substance to water. These discussions are often coded in 'action or purpose' and 'sequences'. This classification of substances is based on pupils' models of matter prior to teaching, pupils' everyday experiences, and discussions in the groups. It will be used as a reference when studying the conceptual development. After this discussion I talk about the concepts of solids, liquids and gases and we use these to sort up the substances.

I use the idea of Bruner (1970) about recurrent work with new concepts. In the second instructional unit the pupils have to sort up new substances and then use the concepts of solids, liquids and gases. This time I use juice, chocolate sauce, a piece of wood, carbonating tablet in water, a piece of cloth, a piece of foam-rubber, flour. Some substances start interesting discussions in the groups. Some pupils mean that e.g. foam rubber and flour contain air and that they therefore can be placed in the group of solids as well as in the group of gases.

During the discussions in the groups pupils build up their concepts and refine them. In the interview two months after this instructional unit the pupils have to tell me what characterize solids, liquids and gases.

### How heavy is the football?

In many studies pupils' problems of understanding gases as matter and that gases have weight are focused. In this study the conceptions of gases are focused in the interviews as well as in the instructional units.

In the third instructional unit we use a football to illustrate the weight of gases. We examine what happens with the weight of the football when it is inflated. Pupils cannot have any experiences from everyday life that a football will be heavier when it is inflated. Therefore this example gives information of pupils' conceptions of gases. Pupils have to tell me what they think will happen. Some pupils think the weight is unchanged because the air has no weight. Many of them think that the ball ought to be lighter. They think that the ball bounces better, when it is inflated. One group of girls tells me that they know that the weight of the football will increase and refer to an experiment with balloons they have seen. In the following interview, pupils have to explain what happens when the football is inflated. When I say that I will pump in as much air as there is in two empty packages for milk, one boy protests. He says that the ball already is full of air and that I cannot pump in so much new air. This gives rise to a discussion about compressing air.

When we see that the football becomes heavier after inflating it pupils try to explain why it is so. Some of them say that there is more air in it and then it will have more weight. One pupil uses her models of molecules to explain why the ball is heavier. She says that the molecules have weight and after inflating the ball the molecules are closer to each other.

In the 4<sup>th</sup> interview, pupils have to explain why the football becomes heavier. Almost all of them have explanations containing something about that there is more air in it and that air has weight. Jane, Maja and Glen say that the ball is heavier because the air is more compressed. This can also be interpreted as that they mean that the density of the air increases. Maja and some other pupils say that there will be more molecules in the ball and therefore it will be heavier.

### Chemical reaction

When studying results and conclusions of studies about pupils' conceptions of chemical reactions I decide to defer introducing the concept of chemical reaction to the third instructional unit. The chemical reaction is one of the recurrent themes of the study. The first step when I work with this phenomenon is that pupils have to mix pairs of substances and to describe what happens. I mostly use everyday substances and reactions involving changes of colour or generation of gas. In one example we mix potassium iodide and lead nitrate. The two white powders give a yellow powder. Some pupils think that the yellow powder is in the grains of one of the substances from the beginning, so we crush the grains of the powders separately to see if that is correct. We find that we need both of the powders to get the yellow powder.

The idea that pupils have to describe signs of chemical reactions and try to explain what happens is followed up in the 3<sup>rd</sup> instructional unit. Pupils examine what happens when they put a piece of steel wool in a copper sulphate solution. I choose this reaction because they can see the changing colour of the steel wool and the copper sulphate solution and they can notice the raising of the temperature of the water solution. They have access to a thermometer. When the pupils have described what they have seen I introduce the concept 'react with'. We say that

the steel wool has reacted with the copper sulphate. Then the groups have to use this concept to describe if there is a reaction or not when they mix some new pairs of substances.

One of these pairs is potassium iodide and lead nitrate. Some potassium iodide and some lead nitrate are put into a beaker containing water. After some minutes the pupils can see a yellow line between the two substances. They can see how this line is built up. Some of them think that one of the substances becomes yellow and is spread out in the beaker. Some pupils are using their molecule models when talking about what happens. They say that the molecules in the two substances change places or that when molecules meet there will be a yellow substance. There are more pupils using their molecule model when talking about chemical reactions in some of the experiments than in the interviews. This can be due to that they see what happens and in the discussions in the peer group they test their models. The experiments with bubbles and the surprising changes of colours also can contribute to their use of their molecular models.

## 18.7 Case study

Although it is not possible to give a complete account of the development of each individual, the development of some pupils is exemplified in terms of the analysis undertaken in the study.

### Alma

Alma does not say anything about molecules or atoms in the 1<sup>st</sup> interview. This does not necessarily mean that she does not have any model for the particle nature of matter. Her model of molecule develops fast and she uses it in different situations in all the other interviews. The development of her molecular model can be related to the development of how she talks about gases, how she describes phase transformations of water, and how she uses and links her earlier experiences to the situations discussed. The development of how she talks about transformations involving chemical reactions is on the other hand different. This can be due to that conceptions of chemical reactions seem to be very context dependent.

Alma often gives short answers and does not have so many discussions with herself. When I ask follow-up questions she shows more of what she knows. Some of her ideas come back in later interviews. She says that the water formed when a candle or petrol is burning come from the burning substance and vanishes out in the air when it burns.

### Disa

Disa knows about molecules in the 1<sup>st</sup> interview. She uses this many times in the interview. In the later interviews she does not always use it as spontaneously as at the first. Disa has many speculations of her own and she formulates and analyses her hypotheses. The quality of this grows during the project. Perhaps she has used her science knowledge in discussing everyday situations with others before. Disa often asks questions about the situations we are talking about during the interviews.

### Elis

Elis often discusses explanations of the situations in the interviews with himself. He uses and builds up his own concepts step by step. This can be the reason why he already in the second interview has the category *spontaneously well* in the combined categorization of the conception of molecules. Sometimes his statements are difficult to categorize. If I look to the scien-

tific content, there often are shortcomings. This can be the reason why his development sometimes is jumping up and down during the study. I think that with his point of view to try out his models, he will develop these models so they get more and more scientific.

### Set

Set seems to need many different challenges and examples of the concept of particles and molecules before he uses it. He recognises the word but he does not remember what the small particles forming e.g. water are called. First in the 4<sup>th</sup> interview he spontaneously talks about molecules in his explanations to many of the situations. He is one of the few pupils that use his molecular model in explanations of chemical reactions. Set often refers to his experiences in all of the interviews.

## **18.8 Conclusions**

### **18.8.1 Perspectives on knowledge**

The pupils' spontaneous use of their models only shows one part of their personal conceptions. When asked follow-up questions, pupils come to a discourse where you use knowledge of science when you talk about everyday situations. This can be described as pupils' ability with appropriate help. Pupils do not replace their old models; they put for example a new particle model beside their old everyday model. Then they choose which model to use when they meet new situations in the interviews. Pupils' explanations of lower quality in a later interview are more common in their spontaneous explanations than in the discussions with me.

Most of the pupils are able to use knowledge of science when talking about known everyday phenomena involving transformations of matter. Almost all of the pupils in the group develop their own molecule model during the project. Pupils' growing ability to describe features of chemical reaction and the development of their particle model can help them to understand the nature of chemical reactions.

### **18.8.2 Systems of categories**

The categories used in the analyses are defined and motivated in each separate part of the chapters presenting the results. The categorizations emanate from presented research on pupils' conceptions of science but also from the statements of the actual group of pupils. The correctness of used science concepts also is a part of the categorizations. Sometimes I alter a method used before and sometimes I develop a categorization for a special purpose in my study. The categorizations originate from the combined perspective on learning and knowing. A central part of the study is to study pupils' use of their concepts. I study e.g. how pupils talk about gases and chemical reactions without my asking them questions of this.

I choose to categorize the pupil with the highest category he/she uses. An alternative could be to give him/her the category where most of the answers given are placed. I choose the one with the highest quality because this shows which is the best explanation the pupil can use. Different situations stimulate the pupil to use the best model of explanation they have. A special situation or question from me could make them use everyday explanations and not to use their science knowledge.

### 18.8.3 Design

The longitudinal design of the study is used to study the pupils' individual development. Categorization of individuals is based on each one of the four interviews. The interview situation as well as my two roles as teacher and interviewer influence pupils' explanations. I also discuss the same situations in the 1st and the 3rd interview and this fact can influence the result.

A longitudinal study to this extent generates a lot of data. Using computer programs developed for qualitative analysis has made this work easier. It has, for example, been possible to test parallel types of analyses and to keep all the analyses in the same document.

### 18.8.4 Research questions

The first question of research in this study is "How does a group 10-year-olds develop their 'thinking models' of the nature of matter?". Only a few pupils have a thinking model of matter containing atoms and molecules when the study begins. However, the pupils show pre-atomic thinking when I ask them to tell me what they can see if they use magic glasses when they look into air with steam. Pupils' descriptions of gases and states of matter develop and become more and more scientific during the project.

The second research question is "How is the development of the pupils' understanding influenced by the introduction of a basic particular model?". More and more pupils use their particle model when talking about the situations in the interviews. When they use their model talking about a phenomenon in one of the interviews, they do not always use the model in the other situations discussed in that interview, and they do not always use it in the following interview. Their use of the model seems in the beginning to be context dependent. Sometimes they use an everyday model of explanation. I use a combined categorisation of pupils' conceptions of the particle nature of matter containing three aspects to describe pupils' particle models. My conclusion of this categorization is that the quality of pupils' molecular models is increasing from interview to interview. Some pupils reach the higher categories already in the second interview but others are not there until in the fourth interview or not even then. About half of the pupils have *spontaneously well*, *spontaneously*, or *stimulated* in the fourth interview. This means that they can use their molecule model when discussing known phenomena and that they do it spontaneously or after influences. The influence of the particle model I also can see in the analyses of how they talk about gases, phase transitions of water, and chemical reactions. I suppose that the introduced particle model not only influences the descriptions on the particle level but also how they use science knowledge when talking about everyday phenomena on a macro level. I see example of this in pupils' descriptions of what happens when something is burning and of the situations involving chemical reactions.

The third question of research is: "How does talking with me influence their use of scientific knowledge?" Comparisons between pupils' spontaneous explanations and what they say in dialogue with me are analysed on pupils' talk about gases and on how they use their concept of molecules. Pupils have an idea about gases but only a few of them have a thinking model of molecules before the study and this may influence the results. Pupils keep their everyday explanations and build up the new thinking models besides these. Some pupils seem to build up their understanding step by step. Pupils first develop their explanations in dialogue with me and then in their spontaneous explanations. The two levels of *spontaneously* and *in dialogue with me* are not two distinct levels. It is two ways to describe pupils' knowing. What

they say in dialogue with me they also can use spontaneously but perhaps my questions do not stimulate them to do so or perhaps these models are not so stable that they dare to use them spontaneously. The changes of discourse in the discussions with me make the pupils more ready to use knowledge of science when talking about everyday phenomena. I do not encourage them to use this knowledge but the discussions make them familiar with these kinds of arguing and talking.

### **18.8.5 Methodical considerations**

There are two central areas of validity in this study. Firstly I describe pupils' understanding and secondly I describe the development of their understanding and relate this to a set of teaching units. I talk about pupils knowing as how they use their science knowledge when talking about everyday phenomena and I try to design the categories from this aspect. The categories are defined and motivated in each part of the presentation of the results. The categorisations are discussed with colleges and refined after the co-examination. The development is not connected to a special instructional unit but the development is described as a long-term development during a period with instructional units and interviews. During this period pupils also are influenced by other experiences and this cannot be separated from the influence of the instructional units. The analyses and the descriptions of the development are based on many parallel analyses. There are many examples where results in one analysis are supported by results in another analysis. This can be seen in the analyses of spontaneously and in dialogues with me on gases and use of molecules. The combined categorisation of pupils' use of their molecular models is similar to pupils' talk about molecules.

The results of the study with 40 pupils can be seen as an example of pupils' capacity to use science when talking about everyday phenomena and how using a basic particle model influences this. However it is impossible to quantify this.

The reliability in a study like this is dependent on the validity. My choice to take the category with the highest level according to my categorization systems in all categorizations can be discussed and I have argued for my decision earlier. Sometimes the highest level only is used once and the model used is not so strong.

### **18.8.6 Implications**

There are implications of the findings both for teacher education and for teaching science in primary school. A basic particle model can be introduced early. Pupils need to meet and discuss new examples in order to build up their own conceptions. The development of pupils' conceptions can be followed both from the spontaneous use of their knowledge and from what they show in discussions with others. In the discussions pupils meet a discourse where they use scientific knowledge when talking about everyday phenomena.

## Referenser

- Anderson, J. R., Greeno, J. G., Reder, L. M. & Simon, H. A. (2000). Perspective on Learning, Thinking, and Activity. *Educational researcher*, 29(4), 11-13.
- Anderson, J. R., Reder, L. M. & Simon, H. A. (1996). Situated Learning and Education. *Educational Researcher*, 25(4), 5-11.
- Anderson, J. R., Reder, L. M. & Simon, H. A. (1997). Situative versus Cognitive Perspectives: Form versus Substance. *Educational Researcher*, 26(1), 18-21
- Andersson, B. (1989). *Grundskolans naturvetenskap – forskningsresultat och nya idéer*. Stockholm: Utbildningsförlaget.
- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformation (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Andersson, B. (1996). Konstruktivismen – ett sätt att se på lärandet och kunnandet. I T. Ginner & G. Mattsson (Red.), *Teknik i skolan* (s 53-65). Lund: Studentlitteratur.
- Andersson, B. (2000). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap. Forskningsresultat som ger nya idéer* (Arbetsmaterial). Göteborg: Enheten för ämnesdidaktik, Inst. för pedagogik och didaktik, Göteborgs Universitet.
- Andersson, B. & Bach, F. (1995). Developing New Teaching Sequences in Science: The Example of "Gases and Their Properties". I G. Weldorf, J. Osborn, P. Scott & J. Leach (Red.), *Research in Science Education in Europe, European Conference on Research in Science Education* (s 7-21). Leeds: Falmer Press.
- Andersson, B., Emanuelsson, J. & Zetterqvist, A. (1993a). *Nationell utvärdering åk 9– Vad kan eleverna om ekologi och människokroppen?* (Nr 6). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Emanuelsson, J. & Zetterqvist, A. (1993b). *Nationell utvärdering åk 9 – Vad kan eleverna om materia?* (Nr 5). Göteborg: Göteborgs Universitet, Inst för ämnesdidaktik.
- Arzi, H. J. (1988). From Short- to Long-Term: Studying Science Education Longitudinally. *Studies in Science Education*, 15, 17-23.
- Ausubel, D. P (1968). *Education Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bar, W. (1989). Children's View about the Water Cycle. *Science Education*, 73(4), 481-500.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B.-S. & Silberstein, J. (1988). Theories, Principles and Laws. *Education in chemistry*, 25(3), 117-120.
- Ben-Zvi, R., Silberstein, J., & Mamlok, R. (1990). Macro-micro Relationships: A Key to the World of Chemistry. I P. L. Lijnse, W. d. Vos & A. J. Waarlo (Red.), *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles* (s 183-197). Utrecht: Centre for Science and Mathematics Education (CD-β).

BouJaoude, S. B. (1991). A Study of the Nature of Students' Understanding about the Concept of Burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689-704.

Briggs, H. & Holding, B. (1986). *Aspects of Secondary Students' Understanding of Elementary Ideas in Chemistry*. Leeds: University of Leeds.

Brody, M. J. (1993). Student Misconceptions of Ecology: Identification, Analysis and Instructional design, I J. Novak, (Red) *Proceedings till the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York. Cornell University (distributed electronically).

Bruner, J. S. (1970). *Undervisningsprocessen* (S. Olsson, övers.). Lund: CWK Gleerups Bokförlag.

Bruner, J. (1990). *Acts of Meaning*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Bruner, J. (1996). *The Culture of Education* (2:a uppl.). Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Campbell, D. T. & Stanley, C. J. (1963). Experimental and Qasi-Experimental Designs for Research on Teaching. I N. L. Gage (Red.), *Handbook of Research on Teaching* (s 171-246): American Educational Research Association.

Carlgren, I. (1999). Pedagogiska verksamheter som miljöer för lärande. I I. Carlgren (Red.), *Miljöer för lärande* (s 9-30). Lund: Studentlitteratur.

Claxton, G. (1993). Minitheories: a Preliminary Model for Learning Science. I P. J. Black & A. Lucas (Red.), *Children's Informal Ideas in Science* (s 45-61). London: Routledge.

CLIS Project. (1987). *Approaches to Teaching the Particulate Nature of Matter*. CLIS. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education* (5:e uppl.). London: Routledge.

Cole, M. & Wertsch, J., W. (1996). *Beyond the Individual-Social Antimony in Discussions of Piaget and Vygotsky*,

[Internet <http://www.ballarat.edu.au/~wcrebbin/TB780/piagetvygotsky.htm>] [01-09-06].

de Vos, W. (1990). Seven Thoughts on Teaching Molecules. I P. L. Lijnse & P. Licht & W. de Vos & A. J. Waarlo. I *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles* (s 163-176). Utrecht: Centre for Science and Mathematics Education (CD-β).

de Vos, W. & Verdonk, A. H. (1990). *Kemi i tusen frågor* (I. Jansson, Övers.). Göteborg.

de Vos, W. & Verdonk, A. H. (1996). The Particle Nature of Matter in Science Education and in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 657-664.

Donaldson, M. (1978). *Children's Minds*. London: Fontan Press.

Driver, R. (1989). Students' Conceptions and Learning of Science. *International Journal of Science Education*, Vol.11(Special Issue), 481-490.



- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and Paradigms: A Review of Literatures Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (Red.). (1985). *Children's Ideas in Science*: Open University Press.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education* 13, 105-122.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making Sense of Secondary Science*: Routledge.
- Edwards, D. & Mercer, N. (1995). *Common Knowledge*. London: Routledge.
- ERIC-database. (2001). ERIC Clearinghouse on Information & Technology, Syracuse University. Available: [http://ericir.syr.edu/Eric/adv\\_search.shtml](http://ericir.syr.edu/Eric/adv_search.shtml).
- Eskilsson, O. & Holgersson, I. (1996). Vardagskunskaper och lärarutbildning. I O. Eskilsson och G. Helldén (Red.), *Naturvetenskapen i skolan inför 2000-talet. Det femte nordiska forskarsymposiet om undervisning i naturvetenskap i skolan*. (Vol. 1, s 189-198). Kristianstad. Fagus.
- Eskilsson, O. & Holgersson, I. (1999). Everyday Phenomena and Teachers' Training. *European Journal of Teacher Education*, 22(3), 231-245.
- Eskilsson, O. & Lindahl, B. (1996). Hur blir det regn? I O. Eskilsson & G. Helldén (Red.), *Naturvetenskapen i skolan inför 2000-talet. Det femte nordiska forskarsymposiet om undervisning i naturvetenskap i skolan*. (Vol. 1, s 199-208). Kristianstad: Fagus.
- Fensham, P. J. (1994). Beginning to Teach Chemistry. I P. Fensham, R. Gunstone & R. White (Red.), *The Content of Science* (s 14-28). London: The Falmer Press.
- Fischler, H. & Peuckert, J. (1999). *Development, Structure, and Stability of Students' Conceptions of Particles*. Paper presenterat vid The Second International Conference of the European Science Education Research Association ESERA, 31/8-4/9 1999, Kiel.
- Gabel, D. L., Samuel, K. V. & Hunn, D. (1987). Understanding the Particulate Nature of Matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695-697.
- Gerholm, T.R. (1994). I Nationalencyklopedin (band 13 s 149). Bokförlaget Bra Böcker. Höganäs
- Ginsburg, H. P. & Opper, S. (1988). *Piaget's Theory of Intellectual Development* (3:e uppl.). Prentice-Hall: Englewood Cliffs, N J.
- Gitomer, D. H. & Duschl, R. A. (1995). Moving Toward a Portfolio Culture in Science Education. I S. M. Glynn & R. Duit (Red.), *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice* (s 299-326). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.

Greeno, J. G. (1997). On Claims that Answer the Wrong Questions. *Educational Researcher*, 26(1), 5-17.

Griffith, A. K. (1994). A Critical Analysis and Synthesis of Research on Students' Chemistry Misconception. I H.-J. Schmidt (Red.), *Proceedings of the International Seminar 'Problem Solving and Misconceptions in Chemistry and Physics'* (s 70-98). Dortmund: International Council of Association for Science Education.

Griffith, A. K. & Preston, K. R. (1992). Grade 12-students' Misconceptions Relation to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules. *Journal of Research in Science teaching*, 29(6), 611-628.

Harlen, W. & Symnington, D. (1988). Helping Children to Observe. I W. Harlen (Red.), *Taking the Plunge. How to Teach Primary Science more Effectively* (s 21-35). Oxford: Heinemann Educational Books.

Helldén, G. (1992). *Grundskoleelevers förståelse av ekologiska processer*. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.

Helldén, G. (1993). Pupils' Understanding of Ecological Processes and their Conceptions of Matter. I J. Novak, (Red) *Proceedings till the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York. Cornell University (distributed electronically).

Helldén, G. (1995). Environmental Education and Pupils' Conceptions of Matter. *Environmental Education Research*, 1(3), 267-277.

Helldén, G. (2000). *To Identify Personal Context and Continuity of Human Thought as Recurrent Themes in a Longitudinal Study of Students' Understanding of Ecological Processes*. Paper presenterat vid The Annual Meeting of the American Educational Research Association, April 24-28, 2000, New Orleans.

Helldén, G. (2001). Personal Context and Continuity of Human Thought; Recurrent Themes in a Longitudinal Study of Pupils' Understanding of Scientific Phenomena. I H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräbner, M. Komorek, A. Kross & P. Reiska (Red.), *Research in Science Education - Past, Present, and Future* (s 107-112). Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publisher.

Hesse, J. J. & Anderson, C. W. (1992). Students' Conceptions of Chemical Change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), 277-299.

Holding, B. (1987). *Investigation of Schoolchildren's Understanding of the Process of Dissolving with Special Reference to the Conservation of Matter and the Development of Atomistic Ideas*. Leeds: The University of Leeds, School of Education.

Johnson, P. (1995). *The Development of Children's Concept of a Substance* A three year longitudinal study. Opublicerad PhD-thesis, School of Education University of Durham, Durham.

Johnson, P. (1996). What is a Substance? *Education in Chemistry, Mars 1996*, 41-45.

Johnson, P. (1998). Progression in Children's Understanding of a Basic Particle Theory: A Longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.

Johnson, P. (2000a). Children's Understanding of Substances, part 1: Recognizing Chemical Change. *International Journal of Science Education*, 22(7), 719-737.

Johnson, P. (2000b). Developing Student's Understanding of Chemical Change: What should we be teaching. *Chemistry Education: research and practice in Europe*, 1(1), 77-99.

Johnston, K. (1990). Students' Responses to an Active Learning Approach to Teaching the Particulate Theory of Matter. I P. L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos & A. J. Waarlo (Red.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (s 247-265). Utrecht: Centre for Science and Mathematics Education (CD-β).

Karpínsky, W. (1995). From Facts to Particle Theory in Chemical Education. I R. M. Janiuk (Red.), *Research in Chemical Education and its Influence on Teaching Chemistry at School* (s 257-262). Lublin-Kazimierz: Federation of European Chemical Societies.

Keeves, J. P. (1998). Methods and Processes in Research in Science Education. I B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (Vol. 2, s 1127-1154). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Kelly, G. A. (1955). *The Psychology of Personal Constructs*. New York: Norton.

Kesidou, S. (1993). The Role of Research on "Misconceptions and Educational Strategies" in Developing Benchmarks for Science Literacy. I J. Novak, (Red.) *Proceedings till the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York. Cornell University (distributed electronically.)

Krnel, D. (1995). Towards the Concept of Matter. I R. M. Juniak (Red.), *Research in Chemical Education and its Influence on Teaching Chemistry at School*. Lublin-Kazimierz: Federation of European Chemical Societies. sid 236-267.

Krnel, D., Watson, R. & Glazar, S. A. (1998). Survey of Research Related to the Development of the Concept of Matter. *International Journal of Science Education*, 20(3), 257-289.

Kärrqvist, C. (1985). *Kunskapsutveckling genom experimentcentrerade dialoger i ellära* (Göteborg Studies in Educational Science, 52). Göteborg: Acta Universitatis.

Laverty, D., T. & McGarvey, J., E., B. (1991). A "Constructivist" Approach to Learning. *Education in chemistry*, 28(4), 99-102.

Le Maréchal, J. F. (1999). Modelling Students' Cognitive Activity during the Resolution of Problems Based on Experimental Facts in Chemical Education. I J. Leach & A. C. Paulsen (Red.), *Practical Work in Science Education* (s 195-209). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer academic publishers.

Leach, J. T. (1995). *Progression in Understanding of Some Ecological Concepts in Children Aged 5 to 16*. Opublicerad PhD-thesis, University of Leeds, Leeds.

- Leach, J. & Scott, P. (1999). *Teaching and Learning Science: Linking Individual and Sociocultural Perspectives*. Paper presenterat vid The Biennial Meeting of the European Association of Research in Learning and Instruction, augusti 1999, Göteborg.
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D. & Blakeslee, T. D. (1993). Changing Middle School Students' Conceptions of Matter And Molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.
- Lemke, J. L. (1988). Analysis Verbal Data: Principles, Methods and Problems. I B.J. Fraser & K. G. Tobin (Red.), *International Handbook of Science Education* (Vol. 2, s 1175-1189). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lemke, J. L. (1993). *Talking Science: Language, Learning and Values*. Norwood: Ablex Publishing Corporation.
- Lichtfeldt, M. (1996). Development of Pupils' Ideas of the Particulate Nature of Matter: Long-term Research Project. I G. Welford, J. Osborne & P. Scott (Red.), *I Research in science education in Europe* (s 212-228). London: The Falmer Press.
- Lijnse, P. L. (1990). Macro-Micro: What to Discuss? I P. L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos & A. J. Waarlo (Red.), *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles* (s 6-11). Utrecht: Centre for Science and Mathematics Education (CD-β).
- Lijnse, P. (2000). Didactics of science: The Forgotten Dimension in Science Education Research? I R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Red.), *Improving science education. The Contribution of research* (s 308-326). Buckingham · Philadelphia: Open University Press.
- Marton, F. (1998). Towards a Theory of Quality in Higher Education. I B. Dart & G. Boulton-Lewis (Red.), *Teaching and Learning in Higher Education* (s 177-200). Hawtorn: ACER, cop.
- Meheut, M. & Chomat, A. (1990). The Bounds of Children's Atomism: An Attempt to Make Children Build Up a Particulate Model of Matter. I P.L Lijnse, P. P. Licht , W. d. Vos & A. J. Waarlo (Red.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (s 266-282). Utrecht: Centre for Science and Mathematics Education (CD-β).
- Meheut, M., Saltiel, E. & Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11-12 year olds) Conceptions of Combustion. *European Journal of Science Education*, 7(1), 83-93.
- Millar, R. (1990). Making Sense: What Use are Particle Ideas to Children. I P. L. Lijnse, W. d. Vos & A. J. Waarlo (Red.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (s 283-293). Utrecht: Centre for Science and Mathematics Education (CD-β).
- Nakhleh, M. & Samarapungavahn, A. (1999). Elementary School Children's Beliefs about Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Novak, J. D. (1993). Human constructivism: A Unification of Psychological and Epistemological Phenomena in Meaning Making. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 9, 167-193.
- Novak, J. D. & Musonda, D. (1991). A Twelve-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *American Education Research Journal*, 28(1), 117-153.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1978). Junior High School Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview Study. *Science Education*, 62, 273-281.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupil's Understanding of the Particulate Nature of Matter. A Cross-age Study. *Science Education*, 65(2), 187-196.
- Nussbaum, J. (1985). The particulate Nature of Matter in the Gaseous State. I R. Driver, E. Guense & A. Thiberghien (Red.), *Children's Ideas in Science* (s 124-144): Open University Press.
- Nussbaum, J. (1993). Teaching About Vacuum and Particles, Why, When and How., I J. Novak, (Red.) *Proceedings till the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York. Cornell University (distributed electronically),
- Osborne, R. & Cosgrove, M. (1983). Children's Conceptions of the Change of State of Water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- Paulsen, A. C. (2000). The Changing Task of Teaching Science. I L. Aho & J. Viiri (Eds.), *Undervisning i naturvetenskap ur kultur-, teknologi och miljöperspektiv* (s 39-57). Joensuu: Joensuu Universitet.
- Pedhazur, E., J. & Pedhazur Schmelkin, L. (1991). *Measurement, Design and Analysis*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.
- Pella, M. & Voelker, A. M. (1967). Teaching the Concept of Physical and Chemical Change to Elementary School Children. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 311-323.
- Petri, J. & Niedderer, H. (1998). A Learning Pathway in High-School Level Quantum Atomic Physics. *International Journal of Science Education*, 20( 9), 1075-1088.
- Pfundt, H. (1981). Das Atom - letztes Teilungsstueck oder erster Aufbaustein? Zu den Vorstellungen, die sich Schueler vom Aufbau der Stoffe machen. *Chimica didactica* 7, 75-94.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1998). *Bibliography Students Alternative Frameworks and Science Education* (4:e uppl.). Kiel: Institute for Science Education, IPN, Kiel.
- Piaget, J. (1964). Cognitive Development in Children: Piaget, Development and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 176-186.
- Piaget, J. (1970). *Structuralism*. New York: Basic Books.
- Piaget, J. (1972). *The Principles of Genetic Epistemology*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1973). *The child's Conception of the World*. Frogmore St Albans: Paladin.

Piaget, J. & Garcia, R. (1974). *Understanding Causality*. New York: W W Norton & Company INC.

Piaget, J. & Inhelder, B. (1969). *The Psychology of the Child*. New York: Basic Books.

Piaget, J. & Inhelder, B. (1997). *Selected Works /Jean Piaget / Vol 8, The Child's Construction of Quantities. Conservation and Atomism* (A. J. Pomerans, övers.). London and New York: Routledge.

Pines, A. L., Novak, J. D., Posner, G. J. & Van Kirk, J. (1978). *The Clinical Interview: A Method for Evaluating Cognitive Structure* (Curriculum, Series, Research Report No. 6). Ithaca, New York: Department of Education, College of Agriculture and Life Science.

Project 2061. (1993). *Science for all Americans*, [Internet <http://www.project2061.org/tools/sfaaol/sfaatoc.htm>]. American Association for the Advancement of Science [20010724].

Renström, L. (1988). *Conceptions of Matter: A Phenomenographic Approach*. (Göteborg Studies in Educational Science, 69). Göteborg: Acta Universitatis.

Schollum, B. & Happs, J. C. (1982). Learner's views about burning. *The Australian Science Teachers Journal*, 28(3), 84-88.

Schultz, J. (2000). *Att samtala om/i naturvetenskap. Kommunikation, kontext och artefakt*. Linköping: Filosofiska fakulteten Linköpings Universitet.

Scott, P. H. (1992). Pathways in Learning Science: a Case Study of the Development of one Student's Ideas Relating to Structure of Matter. I R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Red.), *Research in Physics Learning: Theoretical issues and empirical studies* (s 203-224). Kiel: I.P.N.

Séré, M. G. (1985). The Gaseous State. I R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Red.): *Children's ideas in science. Milton Keynes: Open University Press*, 104-123.

Sfard, A. (1998). On two Metaphors and the Dangerous of Choosing just one. *Educational Researcher*, 27(2), 4-13.

Sjøberg, S. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.

Solomon, J. (1983). Learning About Energy: How Pupils Think in Two Domains. *European Journal of Science Education*, 5(1), 49-59.

Solomon, J. (1992). *Getting to Know about Energy - in School and Society*: The Falmer Press.

Solomon, J. (1994). Constructivism and Quality in Science Education. I A. C. Paulsen (Red.), *Naturfagenes Pædagogik - mellem udviklingsarbejde og teoridannelse* (Vol. 1, s 17-29). Frederiksberg: Nordisk Forskersymposium, Gilleleje 1993.

Solsona, N. & Izquierdo, M. (1993). What is Conserved in a Chemical Change? Options of Secondary School Pupils. I J. Novak, (Red.) *Proceedings till the Third International Seminar*

on *Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York. Cornell University (distributed electronically)

Stavridou, H. & Solomonidou, C. (1989). Physical Phenomena – Chemical phenomena: Do Pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11(1), 83-92.

Stavridou, H. & Solomonidou, C. (1998). Conceptual Reorganization and the Construction of the Chemical Reaction Concept During Secondary Education. *International Journal of Science Education*, 20(2), 205-221.

Stavy, R. (1990). Children's Conceptions of Changes in the State of Matter from Liquid (or solid) to Gas. *Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.

Stavy, R. (1991). Children's Ideas about Matter. *School Science and Mathematics* . 91(6), 240-244.

Stavy, R. & Stachel, D. (1985). Children's ideas about "Solid" and "Liquid". *European Journal of Science Education* 7, 407-421.

Strike, K. A. & Posner, G. J. (1985). A Conceptual Change view of Learning and Understanding. I L. West & L. Pines (Red.), *Cognitive structure and conceptual change* (s 211-231). Orlando: Academic Press.

Sutton, C. (1996). *Resolving the Human Voice in Science - an Urgent Problem in School* (Working paper): The Leicester Study Groups on School Science after 2000.

Säljö, R. (2000). *Lärande i praktiken – Ett sociokulturellt perspektiv*. Stockholm: Prisma.

Taber, K. S. (1998). An Alternative Conceptual Framework from Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 20(5), 597-608.

Tiberghien, A. (1999). Labwork Activity and Learning Physics - an Approach Based on Modelling. I J. Leach & A. C. Paulsen (Red.), *Practical Work in Science Education* (s 176-194). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer academic publishers.

Tveita, J. (1993). Helping Middle School Students to learn the Kinetic Particle Model. I J. Novak, (Red.) *Proceedings till the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York. Cornell University (distributed electronically)

Tveita, J. (1996). Er eleverne i grunnskolen modne for å læra den kinetiske partikkelmodellen? I O. Eskilsson & G. Helldén (Red.), *Naturvetenskapen i skolan inför 2000-talet. Det femte nordiska forskarsymposiet om undervisning i naturvetenskap i skolan*. (s 524-532). Kristianstad: Fagus.

Tytler, R. (1998). The Nature of Students' Informal Science Conceptions. *International Journal of Science Education*, 20(8), 901-927.

Vollebregt, M. J. (1998). *A Problem Posing Approach to Teaching an Initial Particle Model*. Utrecht: CD-β Press.

von Aufschnaiter, S., & Welzel, M. (1999). Individual Learning Processes - a Research Program with Focus on the Complexity of Situated Cognition. In M. Bandiera, S. Caravita, E. Torracca & M. Vicentini (Red) *Research in Science Education in Europe*. (s 209-215). Rome: Kluwer Academic Publishers.

von Glasersfeld, E. (1995). *Radical Constructivism, A Way of Knowing and Learning*. London: The Falmer Press.

Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From Conceptual Development to Science Education: A Psychological Point of View. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.

Vygotsky, L. S. (1987). *The Collected Works of L.S. Vygotsky*. (Vol. 1). New York: Plenum Press

Vygotsky, L. S. (1996). *Thought and Language* (A. Kozulin, övers.): Cambridge, MA: MIT Press.

Wertsch, J. W. (1985). *Vygotsky and the Social Formation of Mind*. Cambridge, Massachusetts och London: Harvard University Press.

Wertsch, J., W. (1991). *Voices of the Mind: A Sociocultural Approach to Mediated Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

White, R. T. (2001). The Revolution in Research on Science Teaching. I V. Richardson (Red.), *Handbook of Research on Teaching* (4:e uppl.). New York: MacMillan.

Whiteley, P. (1993). Caribbean High School Student's Conceptions of the Kinetic Model of Matter. I J. Novak, (Red.) *Proceedings till the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York. Cornell University (distributed electronically)

Zárour, G. I. (1976). Interpretation of Natural Phenomena by Lebanese School Children. *Science Education*, 60(2), 277-287.

Östman, L. (1995). *Socialisering och mening: No-utbildning som politiskt och miljömoraliskt problem*. Uppsala Studies in Education 61. Acta Universitatis Upsaliensis. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.



## Bilaga 1

**Sammanställning över artiklar i Kapitel 3 Materiabegreppet**

Åldern på eleverna är ungefärlig eftersom man ibland anger ålder och ibland klass för dem. I några fall är artiklarna forskningsöversikter och då anger jag elevernas ålder i de artiklar som översikten behandlar. Ett par artiklar är allmänna översikter där man inte refererar till någon speciell åldersgrupp. Jag använder en modifiering av nyckelordsbeskrivningen som Pfund och Duit har i sin monografi.

Tabell 75 Nyckelord för bedömning av redovisade undersökningar

g1	allmänt
g2	vardagsförståelse och no-begrepp
g3	begreppsutveckling – naturvetenskapens historia
g4	språk och förståelse
g5	metoder att undersöka förståelse
g6	undersökning av elevers förståelse
g7	undervisning som tar hänsyn till barns förståelse
g8	undersökning av lärares förståelse
g9	förståelse och lärarutbildning
AT	atomer och partiklar
MT	transformationer av materia
NoM	materien natur

Tabell 76 Redovisning av undersökningar av elevers föreställningar. Artiklar som jag refererar till i detta avsnitt (Ls= lärarstuderande, Ö= kunskapsöversikt, G= gruppdiskussion, E= enkät, I= intervju)

<b>Forskare</b>	<b>År</b>	<b>Ålder</b>	<b>Nyckelord</b>	<b>Metod</b>
Andersson, B.	1990	12-16	g1, g2, g6, AT, , MT	I/E
Andersson, B.	2000	Ö	g1, g2, g6. AT	-
Andersson, B. & Bach, F.	1995	13	g2, g6, AT	E
Andersson, B. et al.	1993 a	15-16	g2, g6, AT, MT	E
Andersson, B. et al.	1993 b	15-16	g2, g6, AT, MT	E
Bar, W.	1989	6-14	g6, MT	I
Ben-Zvi, R. et al.	1988	15	g6, g7, g8	E
Ben-Zvi, R. et al.	1990	15	g3, g6, g7	E
BouJaoude, S. B.	1991	13-14	g6, MT	I
Brody, M. J.	1993	8-17	g6, MT	I/E
de Vos, W.	1990	14-15	g3, g7, AT	G
de Vos, W. & Verdonk, A. H.	1996	14-15	g6, AT, MT	G/E
Driver, R. et al.	1994	5-17	g2, g6, AT, MT	I/E
Driver, R. et al.	1985	9-12	g1, g6, g7, AT, MT	I/E

<b>Forskare</b>	<b>År</b>	<b>Ålder</b>	<b>Nyckelord</b>	<b>Metod</b>
Edwards, D. & Mercer, N.	1995	8-10	g1	I
Eskilsson, O. & Holgersson, I.	1996	Ls	g2, g6, g7, g9, MT	E
Eskilsson, O. & Holgersson, I.	1999	Ls	g2, g6, g7, g9, MT	E
Eskilsson, O. & Lindahl, B.	1996	8 -Ls	g2, g6, g7, g9, MT	E
Fensham, P. J.	1994	Ö	g1, AT	-
Gabel, D. L. et al.	1987	-20	g6, AT	E
Griffith, A. K.	1994	Ö	g6, AT, MT	I/E
Griffith, A. K. & Preston, K. R.	1992	16-18	g6, AT	I
Helldén, G.	1982	9-18	g2, g3, g5, MT	I
Helldén, G.	2000	9-18	g2, g3, g5, MT	I
Helldén, G.	1993	8-16	g6, AT	I
Hesse, J. J. & Anderson, C. W.	1992	14-16	g3, g6	I/E
Holding, B.	1987	8-17	g1, g3, g6, AT	E
Johnson, P.	1995	11-14	g6, AT, MT, NoM	I
Johnson, P.	1996	11-14	g6, AT, MT, NoM	I
Johnson, P.	1998	11-14	g6, AT, MT	I
Johnson, P.	2000a,b	11-14	g6, AT, MT, NoM	I
Johnston, K.	1990	13-14	g7, AT	G/I
Krnel, D.	1995	9-13	g6	E
Krnel, D. et al.	1998	Ö	g1, AT, MT, NoM,	I/E
Kärrqvist, C.	1985	13-15	g2, g6,	E/I
Laverty, D. T. & McGarvey, J. E. B.	1991	13-14	g1, g6	G/E
Leach, J.	1995	5-16	g1, g6, MT	E
Lee, O. et al.	1993	11-13	g6, g7 AT, NoM	I/E
Lichtfeldt, M.	1996	14-19	g6, g3AT	E/G/I
Lijnse, P.	2000	Ö	g1, g2, g5, AT	-
Meheut, M. & Chomat, A.	1990	13-14	g6, AT	E
Meheut, M. et al.	1985	11-12	g6	E/G/I
Millar, R.	1990	14-16	g7, AT	-
Nakhleh, M. & Samarapungavahn, A.	1999	7-10	g6, AT, MT	E
Novick, S. & Nussbaum, J.	1981	10-20	g6, AT, NoM	E
Nussbaum, J.	1993	Ö	g7, AT	-
Osborne, R. & Cosgrove, M.	1983	8-17	g6, NoM	I/E
Pella, M. & Voelker A. M.	1967	12-17	g6	E
Pfundt, H.	1981	11-12	g6	I
Piaget, J.	1972	5-14	g3, NoM	I
Piaget, J.	1973	5-14	g1, g6	I

<b>Forskare</b>	<b>År</b>	<b>Ålder</b>	<b>Nyckelord</b>	<b>Metod</b>
Piaget, J. & Inhelder, B.	1997	6-13	g1, g6	I
Renström, L.	1988	11-14	g5, g6, AT	I
Schollum, B. & Happs, J. C.	1982	10-18	g6, MT	I
Schoultz, J.	2000	6-15	g5, g6	I
Scott, P. H.	1992	12	g6, g7, AT	I
Séré, M. G.	1985	11-13	g6, g7	I
Solomon, J.	1992	Ö	g6, g7	-
Stavridou, H. & Solomonidou, C.	1989	8-16	g6, MT, NoM	E
Stavridou, H. & Solomonidou, C.	1998	12-18	g6, MT	E/I
Stavy, R.	1990	9-15	g6, AT, MT, NoM	I
Stavy, R.	1991	6-14	g6, NoM	I
Stavy, R.	1995	5-16	g6, AT	E/I
Stavy, R. & Stachel, D.	1985	5-13	g6	I
Taber, K. S.	1998	16-18	g6	I
Tveita, J.	1993	13-16	g7, AT	E
Tveita, J.	1996	13-16	g7, AT	E
Tytler, R.	1998	5-8		G/I
Whiteley, P.	1993	13-16	g6, AT	I/E
Vollebregt, M. J.	1998	15-16	g1, g7, AT	E/I
Zárour, G. I.	1976	6-19	g6	I

## Bilaga 2

**Kategorisering av elevernas användning av "molekyl" enligt A-C när de diskuterar vardagssituationer. Kategorier enligt tabell 34.**

Elev	A	B	C
Alma I1	A0	B0	C0
Alma I2	A2	B1	C1
Alma I3	A3	B2	C2
Alma I4	A3	B2	C2
Anja I1	A0	B0	C0
Anja I2	A1	B0	C0
Anja I3	A0	B0	C0
Anja I4	A1	B0	C0
Disa I1	A3	B2	C2
Disa I2	A3	B3	C1
Disa I3	A3	B1	C1
Disa I4	A3	B3	C3
Ebba I1	A0	B0	C0
Ebba I2	A3	B2	C2
Ebba I3	A3	B3	C3
Ebba I4	A2	B1	C1
Gun I1	A0	B0	C0
Gun I2	A1	B1	C1
Gun I3	A1	B0	C0
Gun I4	A1	B0	C0
Jane I1	A0	B0	C0
Jane I2	A1	B0	C0
Jane I3	A3	B3	C2
Jane I4	A1	B1	C1
Lea I1	A0	B0	C0
Lea I2	A1	B0	C0
Lea I3	A1	B1	C1
Lea I4	A1	B1	C1
Liv I1	A0	B0	C0
Liv I2	A1	B1	C1
Liv I3	A1	B1	C1
Liv I4	A3	B2	C2
Maja I1	A0	B0	C0
Maja I2	A2	B3	C2
Maja I3	A1	B1	C1
Maja I4	A3	B3	C3
Mona I1	A0	B0	C0
Mona I2	A3	B2	C3
Mona I3	A3	B1	C2
Mona I4	A3	B3	C3
Olga I1	A0	B0	C0
Olga I2	A1	B1	C1
Olga I3	A1	B1	C1

Elev	A	B	C
Bror I1	A0	B0	C0
Bror I2	-	-	-
Bror I3	A3	B1	C1
Bror I4	A2	B1	C1
Carl I1	A3	B2	C2
Carl I2	A1	B0	C0
Carl I3	A1	B0	C0
Carl I4	A3	B3	C2
Dan I1	-	-	-
Dan I2	A1	B0	C0
Dan I3	A3	B2	C2
Dan I4	A3	B3	C3
Elis I1	A0	B0	C0
Elis I2	A3	B2	C3
Elis I3	A3	B2	C1
Elis I4	A2	B1	C1
Elof I1	A0	B0	C0
Elof I2	A1	B0	C0
Elof I3	A1	B1	C1
Elof I4	A3	B3	C2
Finn I1	A0	B0	C0
Finn I2	A1	B1	C1
Finn I3	A1	B0	C0
Finn I4	A1	B0	C0
Glen I1	A3	B2	C3
Glen I2	A3	B3	C3
Glen I3	A3	B2	C2
Glen I4	A1	B1	C1
Jon I1	A0	B0	C0
Jon I2	A1	B1	C1
Jon I3	A3	B3	C3
Jon I4	A3	B2	C1
Leif I1	A0	B0	C0
Leif I2	A2	B2	C2
Leif I3	A3	B3	C3
Leif I4	A3	B3	C2
Leo I1	A0	B0	C0
Leo I2	A1	B1	C1
Leo I3	A3	B2	C1
Leo I4	A1	B1	C1
Nils I1	A0	B0	C0
Nils I2	A0	B0	C0
Nils I3	A1	B0	C0

<b>Elev</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Olga I4	A1	B1	C1
Rita I1	A0	B0	C0
Rita I2	A1	B0	C0
Rita I3	A1	B1	C1
Rita I4	A1	B1	C1
Rosa I1	A0	B0	C0
Rosa I2	A2	B3	C1
Rosa I3	A3	B2	C1
Rosa I4	A3	B2	C1
Saga I1	A0	B0	C0
Saga I2	A1	B1	C1
Saga I3	A1	B0	C0
Saga I4	A1	B1	C1
Siv I1	A0	B0	C0
Siv I2	A1	B0	C0
Siv I3	A1	B1	C1
Siv I4	A3	B3	C3
Svea I1	A0	B0	C0
Svea I2	A1	B0	C0
Svea I3	A1	B0	C0
Svea I4	A2	B1	C1
Tea I1	A0	B0	C0
Tea I2	A1	B0	C0
Tea I3	A2	B2	C2
Tea I4	A3	B2	C3
Alf I1	A0	B0	C0
Alf I2	A1	B0	C0
Alf I3	A0	B0	C0
Alf I4	A0	B0	C0
Arne I1	A0	B0	C0
Arne I2	A1	B0	C0
Arne I3	A0	B0	C0
Arne I4	A2	B1	C1
Bo I1	A0	B0	C0
Bo I2	A0	B0	C0
Bo I3	A2	B1	C1
Bo I4	A2	B1	C1

<b>Elev</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Nils I4	A1	B0	C0
Ove I1	A3	B3	C3
Ove I2	A3	B3	C1
Ove I3	A3	B2	C3
Ove I4	A1	B1	C1
Rune I1	A0	B0	C0
Rune I2	A1	B1	C1
Rune I3	A1	B1	C1
Rune I4	A3	B2	C1
Set I1	A0	B0	C0
Set I2	A1	B0	C0
Set I3	A1	B0	C0
Set I4	A3	B3	C3
Sten I1	A0	B0	C0
Sten I2	A1	B0	C0
Sten I3	A1	B1	C1
Sten I4	A1	B1	C1
Stig I1	A0	B0	C0
Stig I2	A1	B1	C1
Stig I3	A1	B1	C1
Stig I4	A1	B3	C1
Tor I1	A0	B0	C0
Tor I2	A1	B0	C0
Tor I3	A0	B0	C0
Tor I4	A1	B1	C1
Ture I1	A0	B0	C0
Ture I2	A0	B0	C0
Ture I3	A1	B1	C1
Ture I4	A1	B0	C0
Ulf I1	A0	B0	C0
Ulf I2	A1	B1	C1
Ulf I3	A1	B1	C1
Ulf I4	A1	B0	C0
Åke I1	A0	B0	C0
Åke I2	A2	B2	C1
Åke I3	A3	B2	C3
Åke I4	A1	B1	C1

## Bilaga 3

**Kategoriseringen av elevernas förklaringar enligt den sammanfattande kategoriseringen:**

**1= Nämner ej, 2=Stimulerad, 3=Spontan och 4= Spontan god**

<b>Elev</b>	<b>I1</b>	<b>I2</b>	<b>I3</b>	<b>I4</b>	<b>Elev</b>	<b>I1</b>	<b>I2</b>	<b>I3</b>	<b>I4</b>
Alma	1	2	4	4	Bror	1	-	2	2
Anja	1	1	1	1	Carl	4	1	1	4
Disa	4	4	2	4	Dan	-	1	4	4
Ebba	1	4	4	2	Elis	1	4	3	2
Gun	1	2	1	1	Elof	1	1	2	4
Jane	1	1	4	2	Finn	1	2	1	1
Lea	1	1	2	2	Glen	4	4	4	2
Liv	1	2	2	4	Jon	1	2	4	3
Maja	1	3	2	4	Leif	1	3	4	4
Mona	1	4	2	4	Leo	1	2	3	2
Olga	1	2	2	2	Nils	1	1	1	1
Rita	1	1	2	2	Ove	4	4	4	2
Rosa	1	3	3	3	Rune	1	2	2	3
Saga	1	2	1	2	Set	1	1	1	4
Siv	1	1	2	4	Sten	1	1	2	2
Svea	1	1	1	2	Stig	1	2	2	3
Tea	1	1	3	4	Tor	1	1	1	2
Alf	1	1	1	1	Ture	1	1	2	1
Arne	1	1	1	2	Ulf	1	2	2	1
Bo	1	1	2	2	Åke	1	3	4	2

**Elevernas beskrivningar av molekyler, sammanställning.**

Elev	Allt	Små	Olika	Kategori	Elev	Allt	Små	Olika	Kategori
Alma	x	x	x	4	Liv	x	x		4
Ebba	x	x	x	2	Mona	x	x		4
Gun	x	x	x	1	Olga	x	x		2
Lea	x	x	x	2	Rita	x	x		2
Maja	x	x	x	4	Carl	x	x		4
Rosa	x	x	x	3	Rune	x	x		3
Saga	x	x	x	2	Disa		x	x	4
Dan	x	x	x	4	Siv		x	x	4
Elof	x	x	x	4	Svea		x	x	2
Glen	x	x	x	2	Tea		x	x	4
Jon	x	x	x	3	Arne		x	x	2
Leif	x	x	x	4	Leo		x	x	2
Nils	x	x	x	1	Tor		x	x	2
Ove	x	x	x	2	Ture		x	x	1
Set	x	x	x	4	Jane		x		2
Sten	x	x	x	2	Anja		x		1
Stig	x	x	x	3	Bo		x		2
Ulf	x	x	x	1	Elis		x		2
Åke	x	x	x	2	Finn		x		1
Bror	x	x		2	Alf				1

## Bilaga 5

**Kategorisering av elevernas föreställningar om molekylernas rörelse i fasta ämnen, vätskor och gaser.**

Elev	i fasta	i vätskor	i gaser	Elev	i fasta	i vätskor	i gaser
Jane	x minst	x mer	x mest	Leif		x	x
Alma	x	x med vätskan	x	Svea		x	x
Maja	x	x med vätskan	x med gasen	Olga		x	x
Ture	x	x	x	Mona		x med vätskan	x
Set	x	x	x	Gun			x
Jon	x	x	x	Saga	x lite	x mer	
Elis	x	x	x	Ove	stela	x	
Dan	x	x	x	Ebba	x några rör sig		
Siv	x	x	x	Liv		x	
Rosa	x	x mest	x med gasen	Ulf		x med vattnet	
Åke	stilla	x	x	Stig		x	
Tor	stilla	x flyter med	x med luften	Anja		x	
Glen	nästan stilla	x	x snabbast	Arne		x vissa rör sig	
Nils	inte	x med vattnet	x	Rita			
Bror	fryser till	x med vätskan	x med gasen	Rune			
Sten	helt fasta		x	Finn			
Elof		x med vätskan	x med gasen	Bo			
Carl		x	x med luften	Alf			
Lea		x	x	Tea			
Leo		x	x	Disa			

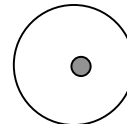
x = molekylerna rör sig



Namn: \_\_\_\_\_

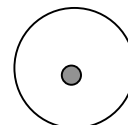
**1. Vad händer med blåbärssaften?**

Häll en halv flaska blåbärssaft i en skål. Lägg lite soda mitt i skålen.



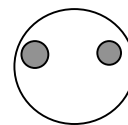
**2. Vad händer med sodan?**

Häll en halv flaska ättika i en skål. Lägg lite soda mitt i skålen.



**3. "Ettan" och "tvåan" - två vita pulver!**

Häll lite vatten i en skål. Jag lägger lite av "ettan" och "tvåan" i skålen.



**4. Salt och "ettan" två vita pulver!**

Häll lite vatten i en skål. Jag lägger lite av "ettan" och lite salt i skålen.