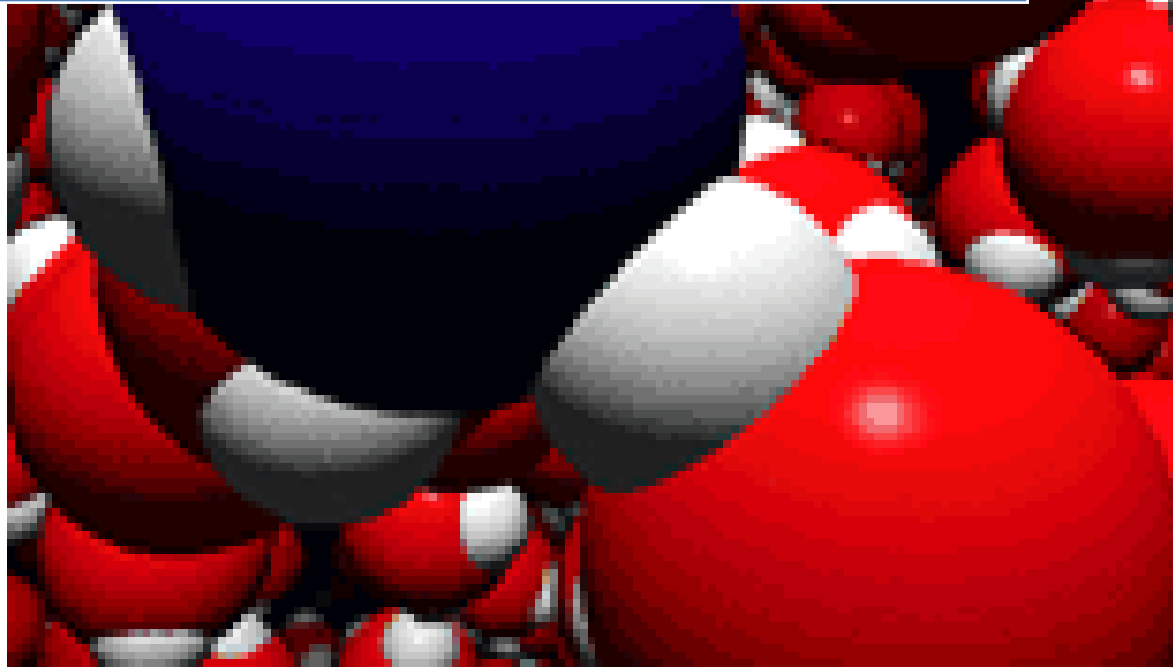


2010

Elevernes udbytte af at arbejde med animationer i kemiundervisningen på stx



Masterprojekt i IKT og Læring, MIL

af Helena Nielsen

Studienummer 19993449

Hovedvejleder: Jørgen Lerche Nielsen

Bivejleder : Thorkild Hanghøj

Anslag: 131.218

01-06-2010

Abstrakt:

I et forsøg på at gøre kemiundervisningen mere visuel inddrages Internettets ressourcer i gennemgangen af kemi C's kernestof i en samfundsfaglig klasse. I et didaktisk design, der er karakteriseret af lærerstyring, udfordringer, konsultativ interaktivitet og par-samarbejde, arbejder eleverne med animationer af kemiske reaktioner. Der er en klar forbedring af deres evne til at konstruere mentale modeller af det partikulære niveau, så de bedre kan tolke det symbolske niveau.

Illustrationer

Forsideillustrationen kommer fra en animation produceret af Professor Roy Tasker. Denne og de andre billeder af animationer findes på websiden for kemibogen "Chemical principles¹". De er brugt med venlig tilladelse af Roy Tasker.

Resume

Problem

I am a chemistry teacher in the gymnasium, which is equivalent to High School in the USA. This project originates in three different but interrelated observations:

- My pupils have difficulty in understanding the particulate nature of chemistry, and in combining the particulate level with the symbolic level.
- Over the last decade they have increasingly requested visual input.
- It has become harder to engage the less motivated students in the form of traditional classroom teaching.

At the same time there has been a tremendous increase in the amount of free chemical educational resources on the Internet, among these animations of chemical reactions at the particulate level. All the above has resulted in the following question:

How does a didactical design of 1.st year social-science pupils interaction with animations, aid them in creating mental models at the particulate level of chemistry, so they can interpret the symbolic level correctly?

Method

The class used animations produced by Associate Professor Roy Tasker from the University of Western Sydney.

¹ URL : <http://bcs.whfreeman.com/chemicalprinciples3e/pages/bcs-main.asp?s=00030&n=10000&i=10030.01&v=category&o=|00510|00520|00550|00560|00570|00580|00590|00PRS|00010|00020|00030|00040|00050|00060|00080|00090|00100|00110|00120|00130|00140|00150|00160|00170|0018002000|03000|09000|11000|12000|10000|&ns=188&uid=0&rau=0>

The empirical material is mainly quantitative consisting of

- Camtasia- and videorecordings of my pupils work with the animations.
- A reaction story produced by a pupil.
- Three semi-structured interviews with all in all four pupils.
- A semi-structured interview with a former pupil.
- The quantitative elements were two tests taken before and after the class's work with the animations, to assess the change in their mental models.

George A. Kelly's theory of personal constructs, and partly Gunther Kress' social semantic theory for multimodal analysis, constituted the theoretical background of a hermeneutical analysis of the empirical material.

Mental models are *working* models of the world, and through them we are able to understand and explain phenomena. In this project I have defined mental models both as 'structural analogues' (Johnson-Laird) and 'a combination of dichotomous constructs' (Kelly).

Conclusion

The class's ability to combine the particulate and the symbolic level was significantly increased, and there were also signs of mental models consisting both of 'structural analogues', and 'a combination of dichotomous constructs'. The conclusion is, that the animations are potentially powerful tools in the pupil's construction of mental models. In this case the potential was facilitated in a didactic design, which was characterized, among other things as follows:

- the pupils working in pairs
- the teacher's rhetorical organization of the pupils work
- studying images on the pc-screen
- the pupils production of signs
- repetition and consultative interaction.

The pupils perception of these animations was so vivid, that they can be classified as a virtual experiment. Thus the animations enabled the pupils to start constructing their mental images as described in Kelly's theory. Kress' theory implies, that because the youth culture is dominated by digital images, the young people have a potential for learning through the visual mode. I believe this makes visual communication very interesting from the perspective of chemical education, which has a tradition of visual communication. The potentials of the digital images call for more exploration.

Forord

Det er en god fornemmelse at være færdig efter to års slid.

Men det er også mærkeligt, hvilket der er mange grunde til. Mit navn kommer til at stå efter mastertitlen, men det er jo i meget høj grad p.g.a. det netværk, som jeg er blevet sat i, at det er lykkedes, så det er med megen stor taknemlighed, at jeg skal til at aflevere.

Tak først og fremmest til min mand, som villigt har taget mere end hans del af det daglige slid, for at jeg kunne lukke mig inde på kontoret. Det var aldrig gået uden.

Tak til Nørresundby Gymnasium og HF-kursus fordi de betalte kursusafgiften, lod mig holde et års orlov og dernæst gav mig et lempeligt skema, så det var muligt at afslutte.

Tak til Lars, Søren og Per for to års samarbejde, diskussioner og indblik i hinandens virkelighed. I vores forskellighed har vi været et godt team. Tak til Alice og Søren for hver deres figur.

Tak til eleverne i 1.t, specielt dem som var villige til at lade sig filme og interviewe. Jeg ved jo, at deres hverdag er fuld af mange aktiviteter.

Tak til professor Roy Tasker, som har givet mig tilladelse til at bruge billeder af hans animationer i dette projekt.

Tak til min Mor, som har hjulpet med at udforme resumeet.

Jeg har haft stort udbytte af at have vejledere med forskellige faglige baggrunde, så både Jørgen og Thorkild får min uforbeholdne tak, for deres engagement og kvalificerede vejledning.

I en verden, som hastigt ændres håber jeg, at dette projekt kan blive en lille brik i den kontinuerlige didaktiske udvikling af kemifaget.

Nørresundby, den 1.juni 2010

Helena Nielsen

Indholdsfortegnelse

Abstrakt:.....	2
Illustrationer	2
Resume	2
Problem	2
Method	2
Conclusion	3
Forord	4
Bilag, som findes på papir i separat hæfte	8
Bilag som findes på DVD nr. 1	9
Bilag som findes på DVD nr. 2	9
Bilag som findes på DVD nr. 3 og 4	9
1. Indledning	10
Motivation og personlige erfaringer.....	10
Baggrund – Kemifaget og 3-D visualiseringer.....	11
Brug af 3-D visuelle ressourcer i kemiundervisningen i DK og internationalt.....	14
Opsummering af problemfelt	15
Problemformulering	16
Afgrænsning	16
Læsevejledning.....	17
En liste over forkortelser.....	17
Beskrivelse af hvorledes bilag afleveres.....	17
2. Teori.....	18
Problemstillingens centrale begreber	18
Mentale modeller.....	18
Begrundelse for inddragelse af Gunther Kress’ teorier	18
En fokuseret præsentation af George A. Kellys personlighedsteori.....	19
Kort præsentation af George A. Kelly som teoretiker	19
George Kellys tilgang – erkendescirkelen.....	19
Polære begrebspar i relation til strukturelle analogier	25
Anden brug af Kelly i projektet.....	25
Opsummering af Kellys erkendescirkel.....	25
En fokuseret præsentation af Gunther Kress’ teorier	26

En definition af nogle af Kress' begreber.....	26
Sammenligning af Kelly og Kress.....	28
Teoriernes muligheder	29
3. Metode	30
Overordnede overvejelser og diskussion af undersøgelsesmetoder.....	30
Inspiration fra selvetnografi	30
Kvalitative undersøgelsesmetoder.....	31
Triangulation.....	31
En hermeneutisk analyse	31
Nærmere beskrivelse af valgte metoder til dataindsamling og deres udførelse	32
Det semistrukturerede interview	32
Etiske overvejelser.....	32
Vurdering af indsamlingen af empiri	33
Transskriptionen	33
Undersøgelsesdesign	34
En kronologisk oversigt over empiriindsamlingen	34
Udvælgelse af respondenter	34
Det didaktiske design af forløbet om syre-base reaktioner med fokus på arbejdet med animationerne.....	34
4. Analyse	41
Ændringen i elevernes kobling af det symbolske og det partikulære niveau	41
Delkonklusion	41
Ændringer i mentale modeller på grund af arbejdet med animationerne	42
En tidligere elevs udtalelser.....	42
Nuværende elevers udtalelser efter de havde arbejdet med animationer	44
Delkonklusion , som opsummerer forskellen på den tidligere elevs og nuværende elevers mentale modeller	46
En elevs udsagn om fremgangsmåde ved besvarelsen af prøven.	46
Tegn på anvendelsen af polære begrebspår i besvarelsen af den sidste prøve.....	48
Delkonklusion for afsnittet: Ændringer i mentale modeller på grund af arbejdet med animationerne.....	49
Kontrasten imellem elevernes forståelse af elementer, som de har arbejdet med ud fra animationerne og elementer, som de har arbejdet med ud fra en traditionel præsentation.....	49
Delkonklusion	51
Det didaktiske design er afgørende.	51

Betydningen af lærerdefinerede opgaver.....	52
Arbejdet med animationerne og erkendelsescirkelen.....	52
En arbejdsprocedure, som leder ind i erkendelsescirkelen.....	52
Den konsultative interaktivitet.....	54
Delkonklusion	54
Arbejdet med at producere tegn.....	54
Arbejdet med at formulere en historie om en syre-base reaktion.....	54
Delkonklusion	57
Par-samarbejdet	58
Delkonklusion	58
Visuelt arbejde ved pc-skærmen.....	58
Diskussion af resultaterne af analysen.....	59
5. Konklusion	61
Besvarelse af problemformulering	61
Refleksioner over anvendte teorier	61
Refleksion over anvendte metoder	61
Perspektivering.....	62
6. Litteraturliste	63

Bilag, som findes på papir i separat hæfte

Bilag 1. Transskription af det semi-strukturerede interview optaget med Petra den 3.juni 2009 (SI P 3.juni)

Bilag 2. Casper og Lars' besvarelse af spørgsmålsarket den 26.-27.april 2010

Bilag 3. Transskription af Camtasiaoptagelsen af Caspers og Lars' arbejde med animationerne den 26.april 2010 (CAM C og L 26.april)

Bilag 4. Transskription af Camtasiaoptagelsen af Caspers og Lars' arbejde med animationerne den 27. april 2010 (CAM C og L 27. april)

Bilag 5. Skitser af elevernes syre-base historie. 27. april

Bilag 6. Transskription af det semi-strukturerede interview med Erik optaget den 4.maj 2010 (SI E 4.maj)

Bilag 7. Transskription af det semi-strukturerede interview med Otelia optaget den 5.maj 2010 (SIO 5.maj)

Bilag 8. Transskription af det semi-strukturerede gruppe interview med Casper og Erik optaget den 5.maj 2010 (SGI C og L 5.maj)

Bilag 9. Spørgsmålsark til arbejdet med animationerne

Bilag 10. Informeret samtykke

Bilag 11. Interviewguide til det semistrukturede interview med Erik den 4. maj

Bilag 12. Resultatet af prøve afholdt før arbejde med animationerne - rådata

Bilag 13. Resultatet af prøve afholdt efter arbejde med animationerne - rådata

Bilag 14. Resultatet af prøve afholdt før arbejde med animationerne - analyseret

Bilag 15. Resultatet af prøve afholdt efter arbejde med animationerne - analyseret

Bilag 16. Argumenter for at prøven viste en markant bedre kobling af det symbolske og det partikulære niveau.

Bilag som findes på DVD nr. 1

Bilag 101. Videooptagelsen af Caspers og Lars' arbejde med animationerne den 26.april 2010

Bilag som findes på DVD nr. 2

Bilag 103. Pseudonymer for elever i 1t

Bilag 104. Lydoptagelse af semistrukturerede interview med Petra den 3. juni 2009

Bilag 105. Camtasiaoptagelse af Casper og Lars' arbejde med animationerne den 26. april 2010

Bilag 106. Camtasiaoptagelse af Casper og Lars' arbejde med animationerne den 27. april 2010

Bilag 107. Lydoptagelse af semistruktureret interview med Erik den 4.maj 2010

Bilag 108. Lydoptagelse af semistruktureret interview med Otelia den 5.maj 2010

Bilag 109. Lydoptagelse af semistruktureret gruppeinterview med Casper og Lars den 5.maj 2010

Bilag som findes på DVD nr. 3 og 4

Bilag 102. Videooptagelsen af Caspers og Lars' arbejde med animationerne den 27.april 2010

1. Indledning

Motivation og personlige erfaringer

Jeg har undervist i gymnasiet i kemi og religion siden 1991. De fleste af mine timer har været i kemi, og jeg erfarede, at specielt når jeg underviste dårligt motiverede elever, led min undervisning af følgende svagheder:

- Der blev for meget tavleundervisning, hvor enkelte elever spurgte og resten faldt i søvn/snakkede. Denne baggrundslarm var meget generende for de motiverede elever.
- Selv nogle af de velbegavede elever forstod ikke kemien på det atomare niveau.
- Eleverne havde meget svært ved at forbinde deres observationer i laboratoriet med det atomare niveau.

Dette gav mig lyst til at lære mere didaktik. Samtidig lagde jeg mærke til, at eleverne i stigende grad efterspurgte visuelle input til fællestimer. Selv exceptionelt velbegavede elever, ville udtale sig negativt om et humoristisk, relevant og velformuleret foredrag, hvis der ikke var andet at se på end foredragsholderen. Dette fik mig til at spekulere på, om der lå nogle muligheder i anvendelsen af nettets kemifaglige **visuelle** ressourcer. Derfor holdt jeg orlov i skoleåret 2008-2009 og fulgte det første år af Masteruddannelsen i IKT og læring.

I løbet af det år fik jeg mange nye og nyttige input via uddannelsen. Samtidig gav en tilfældig samtale med en gammel elev, som havde afsluttet kemi C sommeren 2007, mig et fokus.

Hun sagde, at fysik var meget nemmere at forstå end kemi, og hun uddybede som følger:

Petra. "Ja, men for mig er det bare sværere, fordi det hele er så småt, og der er ikke noget, man kan forholde sig til, fordi man ikke kan se eller mærke de ting, man snakker om. Og selv om man får at vide, at man bruger mange af tingene i hverdagen, så virker det bare så virkelighedsfjernt i forhold til fysik og alle de andre fag, der er mere visuelle 0:00:13.2 (SI P 3.juni, 2009,0:00:13.2-0:00:45.8)

Hun pegede således på de manglende visuelle indtryk, som en barriere for hendes forståelse af kemi. Så jeg besluttede mig for at starte min undervisning med at lade eleverne bruge interaktive 3-D visualiseringer af molekyler, samtidig med at de blev introduceret til det kemiske symbolsprog. Derved skulle eleverne få en fornemmelse af, at de både så og rørte ved molekylerne, og den samtidige introduktion af symbolsproget skulle skabe en sammenhæng imellem det partikulære og det symbolske niveau.

Efter sommeren 2009 vendte jeg tilbage til gymnasiet og fik tre 1.g klasser med *sproglige og samfundsfaglige* studieretninger. Jeg skulle have dem til Kemi C og besluttede mig for at afprøve det nye koncept. Men resultatet var præcis det modsatte af det, jeg havde forventet. Klasseundervisningen

fyldte godt nok mindre, men støjniveauet blev så højt, at de motiverede elever ikke blot blev generet af støjen, men havde vanskeligt ved at høre, hvad der foregik! Når eleverne fik mulighed for at bruge nettets ressourcer, arbejdede mange af dem ikke fagligt, men snakkede, tjekkede facebook, mail, lektio m.m. Inddragelsen af Internettet gav eleverne nogle valgmuligheder, som de ikke kunne håndtere fornuftigt set ud fra min synsvinkel. Så jeg tog mig en tænkepause, hvor jeg vendte tilbage til en mere traditionel klasseundervisning, som blev afbrudt af kortere perioder, hvor eleverne regnede opgaver uden at inddrage nettets ressourcer. Dog brugte jeg i klasseundervisningen mange animationer af kemiske reaktioner, som blev vist på projektor, og som indgik i diskussionen af det faglige stof.

I dette projekt vil jeg fokusere på elevernes udbytte af inddragelsen af animationer i et forløb om syre-base kemi. Timerne er tilrettelagt ud fra didaktiske overvejelser med special fokus på *både* elevernes læringsforudsætninger *og* undervisningens indhold. Jeg har valgt at bruge ressourcer, som allerede er tilgængelig på nettet i stedet for at lave dem selv, fordi jeg ønsker at udforske, hvilke muligheder der er åbne for alle kemilærere. På grund af den teknologiske udvikling og den politiske satsning på brugen af it indenfor undervisningssektoren, kan jeg kun forestille mig, at disse muligheder bliver endnu bedre de kommende år.

Nu følger en kort motiveret kemifaglig redegørelse for inddragelsen af visualiseringer af det partikulære niveau i kemifaget.

Baggrund – Kemifaget og 3-D visualiseringer

Kemi er læren om stoffers opbygning omdannelse og nedbrydning. Historisk har man taget udgangspunkt i det makroskopiske niveau (Wu, Krajcik, & Soloway, 2001). Det vil sige det, som kan sanses. Fx ville en makroskopisk beskrivelse af vin inkludere dens farve, konsistens, smag og lugt. Men fra slutningen af 1700-tallet begyndte man i stigende grad at forklare de makroskopiske egenskaber

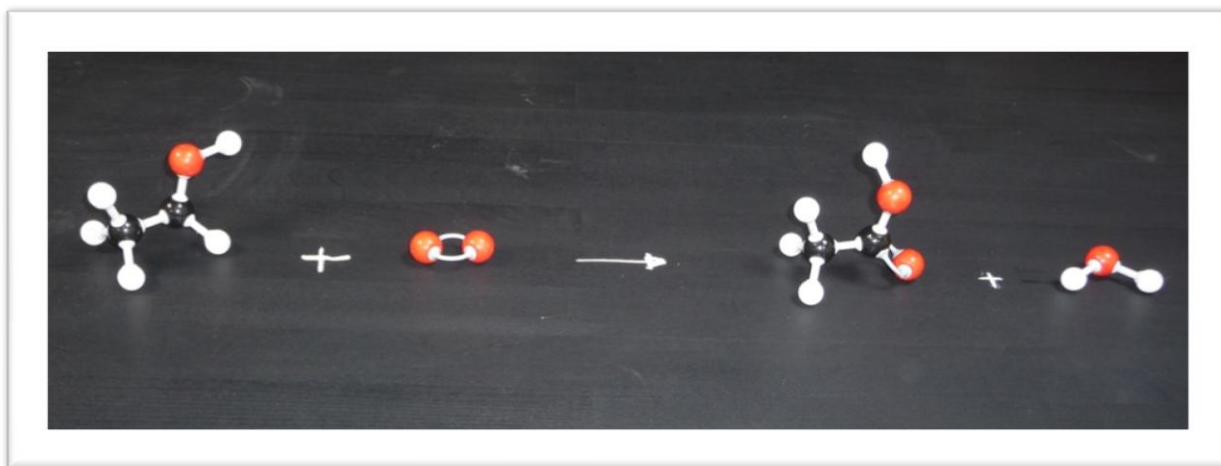
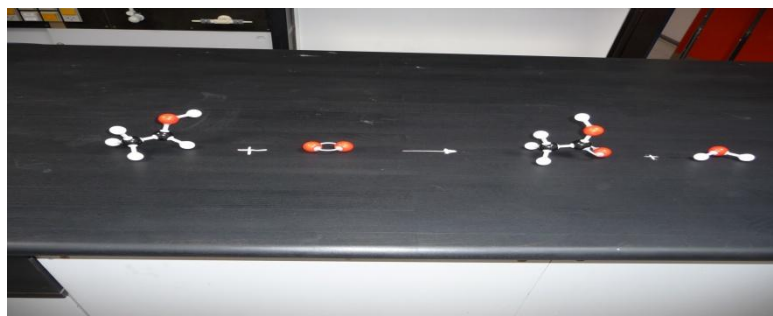


Fig. 1. Eksempler på visualiseringer af ethanols reaktion med dioxygen på det partikulære niveau- Ball og stick modeller

ud fra det partikulære niveau. Fx kan man smage, at vin bliver surt, når det står i en åben flaske. Dette bliver på det partikulære niveau forklaret ved, at ethanolmolekyler reagerer med luftens ilt og omdannes til ethansyre. Det partikulære niveau kan ikke sanses umiddelbart og for at begrebsliggøre det, indførte man diverse modeller, som visualiserede udvalgte egenskaber f.eks. 3-D modeller, som blev tolket ifølge de kemifaglige konventioner – se figur 1.

Desuden indførte man et symbolsk niveau med grundstofsymboler, reaktionsskemaer, diverse ligninger m.m., som forbandt det partikulære og det makroskopiske niveau. $C_2H_5OH(aq) + O_2 \rightarrow CH_3COOH(aq) + H_2O(l)$ er en symbolsk forklaring på vins stigende surhed. Det er disse symboler kemikerne bruger, når de forklarer sammenhængen imellem det makroskopiske niveau og det partikulære² niveau.



Det makroskopiske niveau: Et billede af vin i et glas

Det partikulære niveau: et billede af molekyllmodeller.

Det symbolske niveau: $C_2H_5OH(aq) + O_2 \rightarrow CH_3COOH(aq) + H_2O(l)$

Fig.2. Vins surhed set fra det makroskopiske, det partikulære og det symbolske niveau

Jeg vælger at følge Dorothy L. Gabels definition af de tre niveauer (Gabel, 2005, s78), hvor niveauerne også indeholder deres repræsentationer.

- Det makroskopiske niveau er de kemiske stoffer **og** afbildninger af dem.
- Det symbolske niveau er ligninger og symboler, herunder reaktionsskemaer.
- Det partikulære niveau er de kemiske partikler **og** afbildninger af dem.

² På det partikulære niveau betragtes partikler, som kan måles med enheden 10^{-9} m. Niveauet betegnes også med ord som nano, molekylære, mikroskopisk eller submikroskopisk. Jeg har valgt betegnelsen partikulær, fordi det virker som den mest udbredte term se fx (Chang, Quintana, & Krajcik, 2009; Gabel, 2005; Velazquez-Marcano et al., 2004; Velazquez-Marcano, Williamson, Ashkenazi, Tasker, & Williamson, 2004)

Elever/studerende³ på niveauer fra folkeskolen til universitetet har store problemer ved at forstå basale kemiske begreber, og man tror, dette skyldes deres problemer med at forstå det symbolske og det partikulære niveau og sammenhængen imellem alle niveauerne (Williamson & José, 2009) (Gabel, Samuel, & Hunn, 1987; Large, 1996). Inden for naturfagernes didaktik fokuser man i denne sammenhæng på elevernes mentale repræsentationer i et forsøg på at forstå, hvorledes elever konstruerer deres forståelse (Greca & Moreira, 2000). Et meget brugt udtryk er mentale modeller. Indholdet af dette udtryk defineres senere i projektet.

For bedre at forklare det partikulære niveau har man indenfor kemi traditionelt brugt 2-D afbildninger eller 3-D modeller. - se figur3.

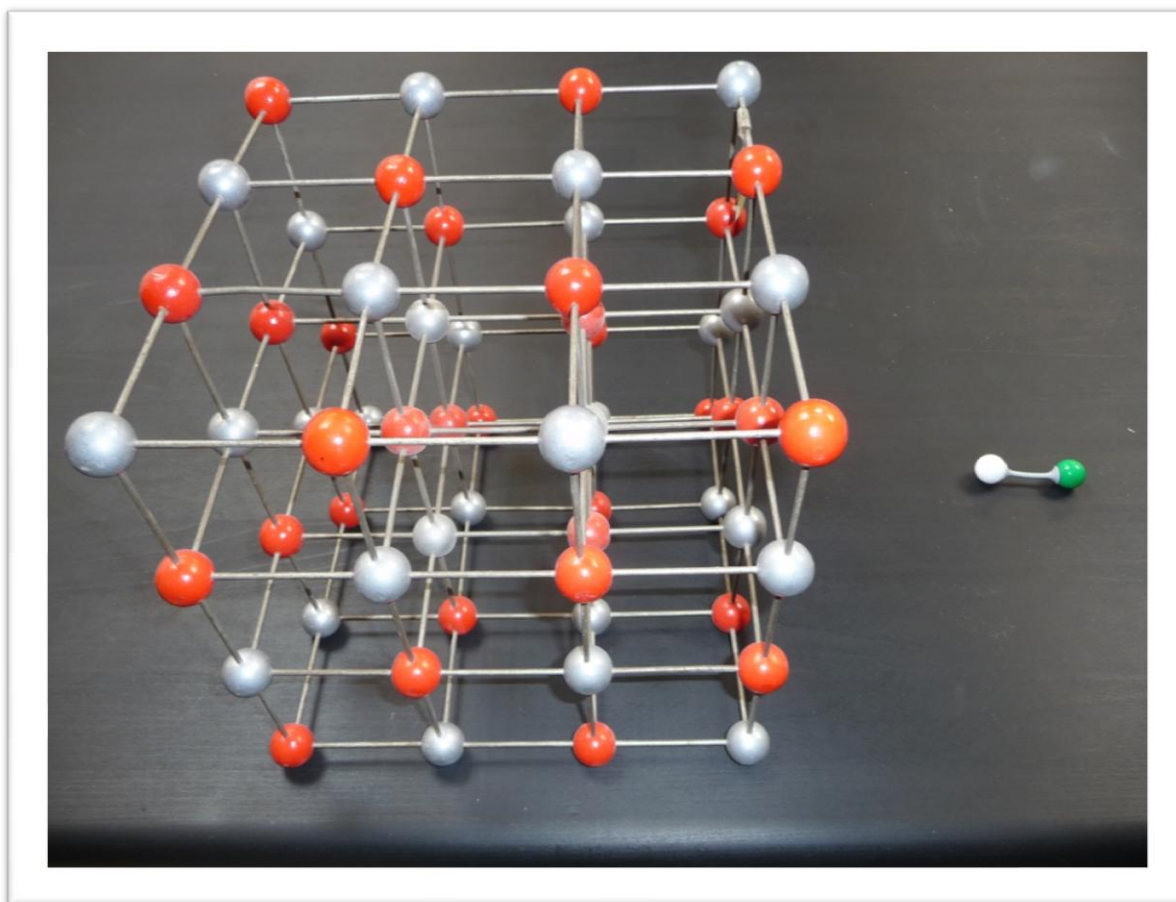


Fig.3. Traditionelle 3-D modeller af køkkensalts iongitter og et molekyle hydrogenchlorid.

På grund af denne tradition var det oplagt at anvende virtuelle 3-D afbildninger af partikler og reaktioner i kemiundervisningen, da den teknologiske udvikling åbnede mulighed for det. Brugen af disse har været genstand for megen forskning.

³ Indenfor det almene gymnasium bruger man betegnelsen *elever* ikke *studerende*. Derfor bruger jeg betegnelsen *elever* i dette projekt.

Brug af 3-D visuelle ressourcer i kemiundervisningen i DK og internationalt

Kemi i virtuel reality.

Virtuel reality (VR) defineres som et computer genereret grafisk miljø i 3-D, som brugeren kan interagere med ved hjælp af specialiserede input/output anordninger (Andrade-Arechiga, Santos-Virgen, & Acosta-Diaz, 2004). Det multimodale miljø medfører en stærk fornemmelse af, at man er til stede – immersion, hvilket har spændende pædagogisk implikationer, som er forsøgt udnyttet til kemiundervisning – se f.eks. i (Ibid.; Ketelhut, Nelson, Clarke, & Dede, 2009). Men jeg har ikke fantasi til at forestille mig, at det bliver aktuelt at inddrage VR i et almindeligt dansk gymnasiums kemiundervisning indenfor den nærmeste fremtid, da det kræver meget store tekniske og tidsmæssige ressourcer. Fokus i dette projekt ligger på ressourcer, som relativt nemt kan integreres i den kemiundervisning, som allerede foregår.

Brug af statiske interaktive 3-D modeller

Stoffers *tre-dimensionelle* opbygning kan vises ved interaktive 3-D modeller. Man kalder modellerne statiske, fordi afstanden imellem atomerne ikke kan ændres af brugeren (Williamson & José, 2009), men modellerne kan roteres og brugeren kan med et enkelt klik vælge en anden type modeller og få adgang til mange forskellige oplysninger. Der er eksempler på sådanne modeller på mange sites fx her: http://www.edinformatics.com/interactive_molecules

Brugen af disse er fx undersøgt i (Chang et al., 2009; Clauss & Nelsen, 2009; Dwyer & Dwyer, 2006; Tuvi-Arad & Blonder, 2010; Wu et al., 2001) og der er anbefalinger m.h.t. den didaktiske brug af dem i engelsksprogede bøger for kemilærere (Williamson & José, 2009). Men da jeg skal til at gennemgå en ny *reaktionstype* med mine elever, vil jeg hovedsageligt bruge animationer, da disse er specielt velegnede til at vise reaktioners dynamiske karakter.

Brug af animationer af dynamiske interaktive 3-D modeller

Ifølge Mayer og Moreno (2002, s88) karakteriseres en animation af tre ting:

- Det er en visuel afbildning
- Den giver indtrykket af bevægelse
- Den simulerer en afbildning af et objekt

Fx kan ingen se et molekyle, så man fremstille en *model* af molekylet og viser 15 skærbilleder pr. sekund. Derved skabes en bevægelsesillusion.

Disse animationer er specielt velegnet til at vise den dynamiske karakter af den partikulære verden, og jeg vil bruge dem til at visualisere syre-base reaktioner.

Da animationer blev brugt i kemiundervisningen fra 1970'erne og frem, blev der rapporteret om en bedre læring af kemiske begreber og forventningerne til animationerne var store. Citatet fra referatet fra en workshop om visualisering af molekyler i 2001 er meget typisk:

The literature shows that spatial training and use of molecular visualization in the classroom lead to student gains in academic achievement (3–7) and conceptual understanding at the particulate level (8–13)(José & Williamson, 2005, s237)

Men omkring fra dette tidspunkt blev man opmærksom på, at anvendelsen af animationer ikke altid gav et forhøjet læringsudbytte. Vermaat skrev, at selv om elever var glade for animationerne, kunne man efter 14 dage ikke se et forhøjet læringsudbytte (Vermaat, Terlouw, Dijkstra, & Vermaat, 2003b). Andre elever havde umiddelbart efter, de havde arbejdet med animationer, en bedre forståelse af det partikulære niveau, men 14 dage senere var deres forståelse på linje med kontrolgruppens (Vermaat, Kramers-Pals, & Schank, 2003a). Mens R.M. Kelly rapporterer, at selv om elever har fået en noget bedre forståelse af det partikulære niveau, kan de ikke bruge denne i en ny situation (R. M. Kelly & Jones, 2008). Og i en artikel af Mayer og Moreno (2002) er der et fokus på at bruge animationer i overensstemmelse med den måde, man forestiller sig, at mennesker lærer.

Den meget citerede professor Richard Mayer siger i et interview:

Even when new technologies enable new instructional methods, sometimes the instructional methods afforded by a "cutting edge" technology may not be more effective than methods afforded by older technologies. For example, there is no strong evidence that students learn better from computer-based animation than from a series of still frames printed on paper (Veronikas & Shaughnessy, 2005, s183).

Dette er eksempler på, at forskningen i det første årti af det 21. årh. i højere grad fokuserer på det didaktiske og kognitive område.

I overensstemmelse med dette vil der i dette projekt være et didaktisk og kognitivt fokus.

Det falder i øjnene, at ingen af de refererede artikler omhandler forhold i de danske gymnasier. Hverken henvendelser til fagkonsulenten i kemi, et kolleganetværk på skolekom eller Jan Geertsen, som har lavet animationer til "Kend kemien", resulterede i henvisninger. Men der har været undersøgelser af brugen af animationer i forbindelse med laboratorieundervisningen i kemi på danske universiteter.

Opsummering af problemfelt

Udviklingen af kemi som fagområde har medført, at eleverne har svært ved at forstå det partikulære niveau, det symbolske niveau og sammenhængen imellem alle tre niveauer. Internationalt har man forsket meget i brugen af 3-D animationer for at imødegå elevernes læringsvanskeligheder. Resultatet er, at der nu er fokus på ikke blot at bruge animationer, men *hvordan* animationer skal bruges for at forbedre elevernes forståelse. På Nørresundby Gymnasium og visse andre gymnasier skal alle elever nu have kemi på C niveau. Kombinationen af et svært tilgængeligt fagområde og umotiverede elever er en didaktisk udfordring.

Med dette som didaktisk baggrund vil jeg tilrettelægge nogle timer med samfundsfaglige 1.g elever. Her inddrager jeg animationer i en didaktisk gennemtænkt ramme i et forsøg på at få eleverne til at arbejde med kemien og dermed udvikle mentale modeller, som de kan bruge til at forbinde det symbolske og det partikulære niveau.

Dette medfører følgende problemformulering:

Problemformulering

Hvorledes udvikler et didaktisk begrundet arbejde med animationer 1.g samfundsfaglige elevers mentale modeller af det partikulære niveau, så de kan tolke det symbolske niveau korrekt?

Afgrænsning

Udtrykket mentale modeller bruges meget indenfor naturfagenes didaktik og defineres forskelligt, ja nogen gange bruges ordet uden at have en klart defineret betydning (Greca & Moreira, 2000. s2)). Men ved brugen af ordet fokuseres på de mentale modellers funktion, idet **de mentale modeller bruges til at forstå og forudsige begivenheder**. I dette projekt definerer jeg det på to forskellige måder. For det første defineres det som **en strukturel analogi af verden**, hvilket er i overensstemmelse med Johnson-Lairds definition . For det andet defineres det som **en specifik kombination af polære begrebspar**. Polære begrebspar er et udtryk som G.A.Kelly bruger. Begge dele uddybes i løbet af gennemgangen af hans teorier.

Jeg har afgrænset mig ved ikke at undersøge, hvorledes animationer kan bruges til at forbinde det makroskopiske og det partikulære niveau.

Jeg har også undladt at udforske elevernes motivation nærmere. Det er en meget vigtig faktor i al undervisning, men de elever, som er villige til at lade sig interviewe, er de motiverede, så jeg savner et empirisk grundlag.

Der er mange forskellige muligheder for at indsamle empiri. Men da både min tid og de veksler, jeg kan trække på eleverne, er begrænsede, har jeg valgt følgende:

- En indledende prøve, som giver et indtryk af den enkelte elevs og klassens startniveau.
- En videoptagelse og en camtasiaoptagelse⁴ af **et** elevpars arbejde med animationerne.
- Et efterfølgende gruppeinterview med disse to elever, hvor de redegør for den måde, de har arbejdet på.
- En gruppes skitser af en syre-basereaktion med efterfølgende interview m. en af gruppens medlemmer.
- En afsluttende prøve indenfor syre-base området.
- Et interview med en elev, hvor han redegør for sin fremgangsmåde ved besvarelsen af den afsluttende prøve og for sit udbytte af at arbejde med animationerne.

Disse forskellige empiriformer giver triangulation, hvilket forøger undersøgelsens validitet – til gengæld trækker det begrænsede antal elever i den anden retning.

Elevernes konstruktion af mentale modeller forsøges forstået og analyseret ud fra den kognitive psykolog George A. Kellys teori om personlige konstruktioner.

⁴ Camtasia er et program, som kan optage det som sker på skærmen, samtidig med at det optager brugerne af pc'en med pc'ens indbyggede web-camera. Der kan derved produceres en video, som indeholder synkron optagelser af skærm og bruger.

Animationerne og elevernes skitser med tilhørende tekst er multimodale. Derfor indgår Gunther Kress' teorier, som muliggør en multimodal analyse ud fra et social semiotisk perspektiv, hvor elevernes interesser og deres læring forsøges forstået ud fra deres produkter og deres arbejde med animationerne.

Den komplekse problemstilling og triangulationen medfører at indholdet af teoriafsnittet og metodeafsnittet bliver bredt. For at skaffe plads til analysen bliver en del af teorien beskrevet sideløbende med analysen og indgår kun overfladisk i teoriafsnittet.

Den didaktiske ramme er Hiim og HIPPES didaktiske relationsmodel. Desuden indgår Birgitte Holm Sørensens teorier om, hvilke faktorer, der specielt motiverer den elevtype, som er vokset op med de digitale medier.

Læsevejledning

En liste over forkortelser

Det transskriberede empiriske materiale er forkortet som følger:

- "SI P 3.juni" står for det semi-strukturerede interview optaget med Petra den 3.juni 2009.
- "CAM C og L 26.april", står for camtasiaoptagelsen af Caspers og Lars' arbejde med animationer. Optaget den 26.april 2010.
- "VID C og L 26.april", står for videokameraoptagelsen af Caspers og Lars' arbejde med animationer. Optaget den 26.april 2010.
- "CAM C og L 27.april", står for camtasiaoptagelsen af Caspers og Lars' arbejde med animationer. Optaget den 27.april 2010.
- "VID C og L 27.april", står for videokameraoptagelsen af Caspers og Lars' arbejde med animationer. Optaget den 27.april 2010.
- "SI E 4.maj" står for det semi-strukturerede interview med Eg optaget den 4.maj 2010.
- "SI O 5.maj" står for det semi-strukturerede interview med Otelia optaget den 5.maj 2010.
- "SGI C og L 5.maj" står for det semi-strukturerede gruppe interview med Casper og Lars optaget den 5.maj 2010.

De ovennævnte forkortelser bruges, når der henvises til transskriptionerne, selv om dette er en afvigelse fra den sjette udgave af APA, som ellers følges i opgaven. Ved henvisninger til transskriptionerne bruges følgende tidsangivelser: Timer:minutter:sekunder.decisekunder. Nul timer sytten minutter 30 sekunder og et decisekund skrives således 00:17:30.1.

Beskrivelse af hvorledes bilag afleveres

- Bilag 1-16 afleveres på papir i et selvstændigt hæfte
- Bilag 101-109 afleveres på DVD nr. 1-4

2. Teori

Problemstillingens centrale begreber

Mentale modeller

Jeg ønsker at undersøge mentale modeller, men det giver et dilemma. Jeg ønsker at undersøge noget, som egentlig ikke er tilgængeligt, idet det ikke er muligt *direkte* at studere mentale modeller. Forskellige tider har haft forskellige tilgange til dette problem.

Behavioristerne benægtede ikke, at mentale forestillinger kunne have en betydning, men de betragtede dem ikke som interessante, da deres ideal var den naturvidenskabelige metode, og det er ikke muligt at lave forsøg, hvor den studerendes indre kan varieres systematisk og reproducerbart (Hermansen, 1998). Deres læringsideal var en *overførsel* af viden. Hvis man valgte den rette *stimuli* ville elevernes *respondere* med læring, og dette blev deres udgangspunkt - ikke elevernes forestillinger.

Kellys tilgang, polære begrebspar og strukturelle analogier

George A Kelly (1905-1967) var psykolog. Han udviklede sine teorier i 40'erne og udgav sit hovedværk i 1955 (Boeree, 2006), men han var i modsætning til den fremherskende behavioristiske teori. Han mente, at man ikke kunne forstå menneskets processer ud fra behavioristernes stimulus-respons teori, fordi menneskets egne forventninger til en situation var afgørende for dets personlige processer (G. A. Kelly, 1955/1963, s76f). Han redegjorde for menneskets forventninger ved at postulere et personligt konstruktionssystem bestående af polære begrebspar. Da disse bruges til at forstå og forudsige begivenheder, er de relevante i forhold til begrebet mentale modeller. I den efterfølgende afsnits gennemgang af Kellys teori, bliver de polære begrebspar sammenstillet med strukturelle analogier.

Men Kellys teorier inbefatter ikke den visuelle dimension, som min gamle elev efterlyste; derfor inddrager jeg også Gunther Kress og hans teorier om multimodalitet.

Begrundelse for inddragelse af Gunther Kress' teorier

Naturvidenskaben generaliserer fænomener og bruger i den sammenhæng visuelle modeller. Derfor vil en adækvat beskrivelse af elevers læring også inddrage den visuelle dimension, og deres brug af disse modeller. Gunther Kress (1940-) er medforfatter til en bog med titlen, "Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom", og i hans multimodale fokus er det visuelle element inkluderet. Et andet argument for at inkludere ham er, at pc'en er et multimodalt medie. Et tredje argument er, at han fokuserer på, hvorledes menneskets læring sker ved hjælp af kulturelt formede tegn. Således inddrager han en anden dimension end Kelly. Et fjerde argument er, at han – hvilket ovenstående titel vidner om – fokuserer på både den ydre stimulus og den indre respons. Senere i teoriafsnittet uddybes ovenstående.

En fokuseret præsentation af George A. Kellys personlighedsteori

Kort præsentation af George A. Kelly som teoretiker

Kellys ideer er i overensstemmelse med konstruktivismen. Konstruktivismens grundopfattelse er, at mennesket gennem læring og erkendelse selv *konstruerer* deres viden (Illeris, 2006). Som læringsteoretisk retning blev konstruktivismen genopdaget i 70'erne og i dag er det den dominerende retning i hvert fald indenfor naturvidenskabelig didaktik (Sjøberg, 2007, s5). Kellys konstruktivistiske tilgang er også et argument for at bruge hans teorier i dette projekt, der netop har læring i naturvidenskab som sit genstandsfelt. Nogle australske videnskabsmænd (Bodner & Klobuchar, 2001) peger på, at Kellys teorier er velegnede som en teoretisk ramme for didaktisk design af kemiundervisningen, bl.a. fordi de polære begrebspar, som han opererer med, er i overensstemmelse med den måde, viden struktureres indenfor kemifaget.

Kelly er en fænomenologisk og kognitiv psykolog, hvis teorier blev udviklet, mens han behandlede patienter i 30'erne i USA (Boeree, 2006). Det klinisk-psykologiske udgangspunkt medfører, at en del af hans tilgang til hans personlighedsteori ikke er relevant for dette projekt, og det undlades i det efterfølgende. Men hans personlighedsteori giver en interessant vinkel på udviklingen af menneskets mentale modeller.

George Kellys tilgang – erkendelsescirkelen

I problemformuleringen fokuseres på mentale modellers betydning for fortolkningen af virkeligheden. George Kelly var en psykolog, som netop havde dette som et vigtigt element i hans personlighedsteori. Hans forestillinger om mentale modeller blev operationaliseret i en 'grid test'.

Han fokuserede på, hvorledes en persons personlige konstruktionssystem bestemte vedkommendes tolkning af virkeligheden. Men han inddrog også, hvorledes dette konstruktionssystem ændres, hvilket er meget relevant i forhold til dette projekt.

Hans udgangspunkt var, at alle mennesker forholder sig til verden på samme måde som en videnskabsmand. Videnskabsmanden arbejder ved, at han ud fra en teori udformer en hypotese, som så afprøves i et eksperiment. Refleksionen over eksperimentet medfører en forkastelse af teorien/hypotesen eller en verifikation, hvorefter cirkelbevægelsen fortsætter i et forsøg på at forudsige og udforske verdenen (G. A. Kelly, 1955/1963, s5). Denne ses beskrevet som den inderste cirkel i figur 4. Det er tilfældigt, hvilket element, som benævnes med hvilket tal.

I figur 4 sammenstilles den videnskabelige arbejdsmetode med essensen af Kellys personlighedsteori, der beskrives med den yderste cirkel. Jeg vil i mit analyseafsnit referere til det som Kellys erkendelsescirkel, idet det netop er cirkelbevægelsen, som er karakteristisk for den. Hans personlighedsteori består af det grundlæggende postulat (The fundamental postulate) og 11 følgesætninger (corollaries). Kelly angiver, at han er inspireret af Dewey ((Ibid., s154)). Jeg redegør nu for den del, som har relevans i forhold til figuren og projektet, og vælger samme rækkefølge som Kelly.

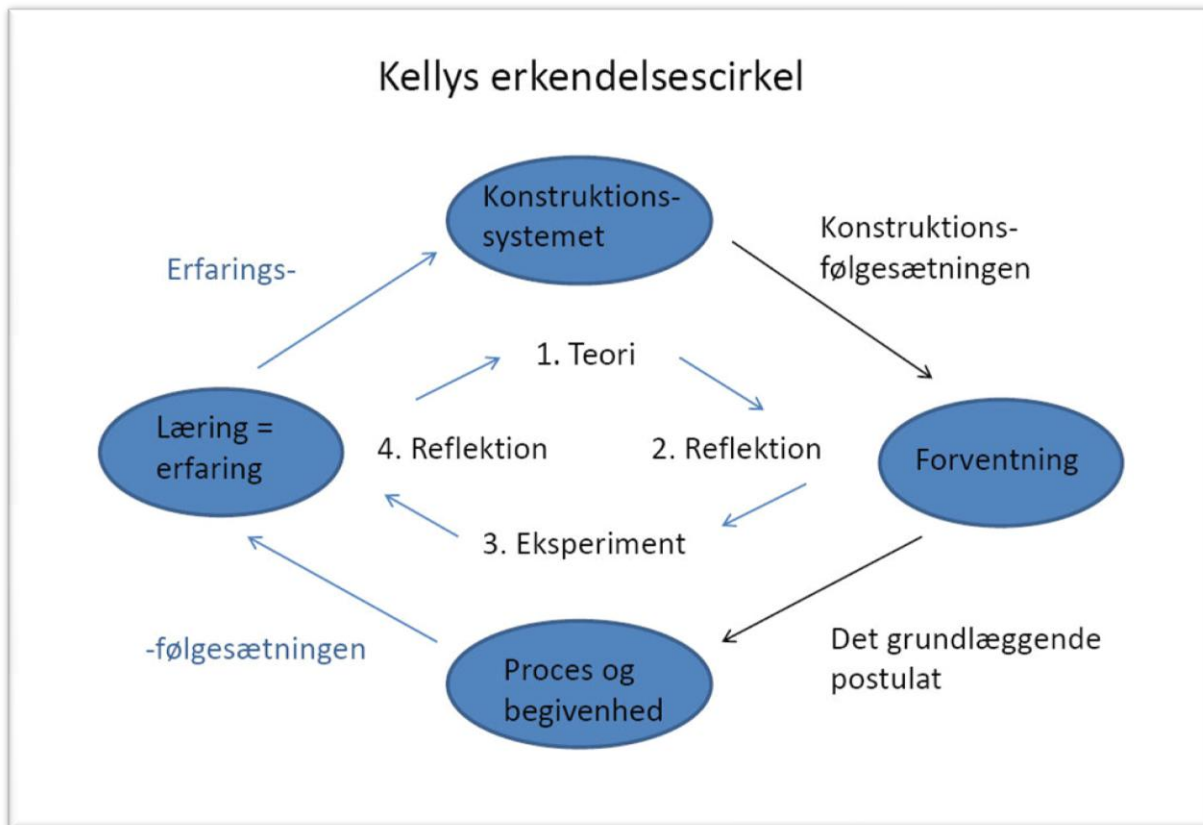


Fig. 4. Den videnskabelige arbejdsmetode sammenstilles med George A. Kellys personlighedsteori.⁵

Det grundlæggende postulat – the fundamental postulate

Fundamental postulate: A person's processes are psychologically channelized by the ways in which he anticipates events. (G. A. Kelly, 1955/1963, s46)

En persons processer inkluderer både kognition, følelser og handlinger. Det er således både en persons handlinger og en persons personlige oplevelse af en situation, der *forbindes* med forventningen. Og det grundlæggende postulat fokuserer på, at der er en årsagssammenhæng imellem forventning og processer. Det grundlæggende postulat forklarer, hvorledes man kommer fra punkt 2 i figuren til punkt 3. I denne sammenhæng er vi specielt interesserede i de mentale processer, som affødes af iagttagelsen af et kemisk eksperiment. Jeg laver ofte lavet et demoforsøg, hvor opløst sølvnitrat blandes med opløst natriumchlorid. Der dannes en hvid opløsning, som ses i figur 5. Eleverne siger ofte "mælk"! Ifølge det fundamentale postulat skyldes denne slutning, at deres forventning ikke er relevant, og de får derfor ikke den forventede læring af forsøget.

⁵ Figuren er lavet af Alice Bergholt Nilsson



Fig.5. Et bundfald af sølvchlorid er blevet dannet ved at sammenblende $\text{NaCl}(\text{aq})$ og $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ i et cylinderglas

Følgesætningerne er til dels uddybninger af den grundlæggende påstand og til dels logiske konsekvenser af denne (Ibid., s50). Nu gennemgås kort 4 af dem:

Konstruktionsfølgesætningen - The construction corollary

Skabelsen af forventningen forklares ved konstruktionsfølgesætningen.

The construction corollary: A person anticipates events by construing their replication(Ibid., s50)

Følgesætningen indebærer, at forventninger fødes ud af fortidens begivenheder, som forventes gentaget, ud fra den skabelon, som personen lægger over begivenhederne. På denne måde kommer man fra punkt 1 til punkt 2. Kelly bruger ordet 'construe' til at beskrive skabelsen. I udsagnsord 'construe' ligger både betydningen kombination og fortolkning. En persons polære begrebspar⁶ kombineres. I den specifikke kombination ligger en fortolkning, og ud fra denne fortolkningsafhængige kombination skaber personen forventninger til en bestemt situation. I afsnittet "Afgrænsning" skrev jeg, at mentale modeller bruges til at **forstå og forudsige**. Derfor klassificerer jeg

⁶ For en forklaring på 'polære begrebspar' se afsnittet om organisations følgesætningen.

den specifikke kombination af polære begrebspar som en mental model. Den mentale model medfører forventninger, som former ens mentale processer.

Derved bliver elevernes forudsætninger i form af polære begrebspar centrale, når de forholder sig til noget fagligt stof. I overensstemmelse med dette udgangspunkt vil jeg vurdere elevernes forudsætninger og forsøge at tilrettelægge introduktionen til syre-base teori derefter.

Construe er et af hans hovedbegreber. I det efterfølgende vil jeg bruge ordet fortolke i stedet for construe. Elevernes muligheder for at fortolke afhænger af deres personlige konstruktionssystem. Kelly bruger nogle følgesætninger til at beskrive dette system, som består af polære begrebspar nærmere.

Organisationsfølgesætningen – The organization corollary

Konstruktionssystemet har en hierarkisk struktur.

Organization corollary: Each person characteristically evolves, for his convenience in anticipating events, a construction system embracing ordinal relationships between constructs (Ibid. s.56)

Konstruktionssystemet består af personligt konstruerede strukturer: Polære begrebspar. Der findes ikke andre strukturer i systemet, og mennesket formodes at bruge disse til at forholde sig til verden. Disse er organiseret hierarkisk (ordinal relationship), så visse begrebspar er underordnet andre; der findes to forskellige typer hierarkisk underordning, som nu forklares.

Et eksempel på et begrebspar er flydende – fast, og et andet begrebspar er mælk – vand. Det sidste er underordnet det første som illustreret i figur 6, hvor et begrebspar underordnes én pol af et overordnet begrebspar, hvorved denne pol uddybes.

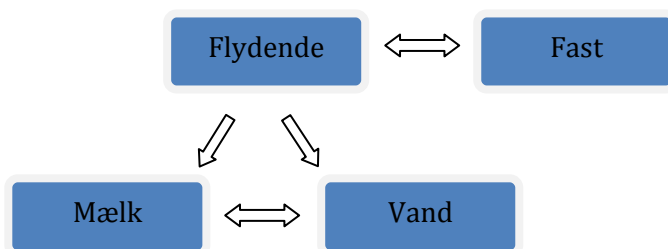


Fig.6. En hierarkisk organisation af begrebspar, hvor den ene pol i et begrebspar uddybes i det underordnede begrebspar.

Den anden hierarkiske struktur eksemplificerer og uddyber tvedelingen i det første begrebspar, idet det opfattes som en dimension af polariteten i det første begrebspar (Ibid. s57). Fx findes et opløst stof

i et *flydende* opløsningsmiddel, mens et udfældet stof udskilles af opløsningsmidlet, når det bliver *fast*. Dette illustreres i figur 7.

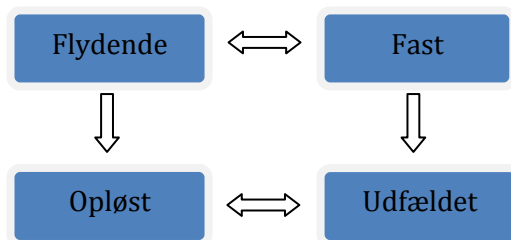


Fig.7. En hierarkisk organisation af begrebspar, hvor det underordnede begrebspar uddyber en dimension i den polaritet, som det første begrebspar skaber.

I det demonstrationsforsøg, som beskrives i figur 5, må det være begrebsparret mælk-vand, som bruges til at forstå forsøget. Dette kan undre, fordi forsøget foregår i en kemitime, hvor jeg har hvid kittel på, og de har udsyn til et laboratorium. Måske skyldes det at begrebsparret opløst-udfældet ikke er en del af deres personlige konstruktionssystemer. Dette projekt skal så belyse, om brugen af 3-D simulationer vil medføre, at eleverne får udviklet polære begrebspar, de kan bruge i tolkningen af syre-baseforsøg. Jeg er derfor interesseret i, at eleverne udvikler deres konstruktionssystem.

Hvorledes det personlige konstruktionssystem udbygges og ændres, redegøres der for i erfaringsfølgesætningen:

Erfaringsfølgesætningen - The experience corollary

Experience corollary: A person's construction system varies as he successively construes the replications of events (Ibid. s72).

Når en person oplever noget, åbnes der op for at han kan fortolke en begivenhed på en ny måde. Det er muligt for ham at se et nyt tema. I og med at dette sker, varieres hans konstruktionssystem. Dette kan ske både ved at ændre forbindelsen imellem begrebsparrene og ved at indføre nye begrebspar. Ifølge Kelly gør en person sig først erfaringer, når han finder et mønster i de begivenheder, som møder ham. Eller udtrykt på en anden måde: En person lærer ikke af erfaring, men det er læringen, som udgør erfaringen (Ibid., s172). Fx kan en nærmere undersøgelse af cylinderglasset med den hvide væske i vise, at der er små hvide partikler, som klæber sig til siden af glasset, hvis begrebsparret opløst-udfældet dernæst blive en del af elevens personlige konstruktionssystem, har han lært noget og først dermed gjort sig en erfaring. Derfor står der i figur 4 "Læring = Erfaring" ud for "Refleksion". Det er værd at bemærke, at erfaringsfølgesætningen beskriver hele bevægelsen fra eksperiment over refleksion til teori.

Kemilæreren kan vælge også at vise cylinderglasset med indhold i den efterfølgende time, hvor alle de små partikler er faldet til bunds – se figur 8. Her er det meget tydeligt, at der ikke er mælk i glasset. Men det tager tid, og tid er ofte en mangelvare i et 1-årigt fag. Desuden vil en afklaring, som kommer i næste kemitime, ofte ikke blive forbundet med den første begivenhed, for eleverne har glemt den. Så der er fare for, at denne begivenhed ikke vil blive fortolket, så det bliver til en erfaring. Hvis eleverne

kunne iagttage virtuelle kemiske begivenheder, så de kunne få 'virtuelle' erfaringer, som de kunne bruge til at ændre deres konstruktionssystemer, ville tiden, der bruges på praktiske forhold ikke på samme måde være en hæmsko for læring.



Fig.8. Cylinderglasser efter 24 timer – nu er de suspendede partikler af $\text{AgNO}_3(s)$ bundfældet.

Nu er de ukendte begreber i figur 4 blevet gennemgået, men Kelly kan også bruges til at belyse, hvorfor nogle elever forholder sig til de begivenheder som forekommer i timerne, så der forekommer faglig læring, og andre ikke gør det. Den efterfølgende følgesætning giver Kellys svar på dette.

The choice corollary

A person chooses for himself that alternative in a dichotomized construct through which he anticipates the greater possibility for extension and definition of his system (Ibid. s 64).

En person vælger det, som han formoder giver den største mulighed for at udvide og definere sit konstruktionssystem. Kelly forklarer efterfølgende, at personen godt kan vælge enten at udvide (extend) systemet ved at vælge et ikke kendt alternativ eller at gøre det mere præcist (define) ved at vælge et kendt alternativ. Således skulle en elev, som vælger at spille sit favoritspil på sin pc i stedet for at følge med i timen gøre det for at præcisere den del af hans konstruktionssystem, som omhandler dette pc-spil. Han har valgt at udbygge den del af hans konstruktionssystem, som virker mest relevant for ham. I hans forklaring har han ikke fokus på kontekstuelle og kulturelle faktorer, hvilket vi kommer tilbage til ved en senere sammenligning med Kress' interessebegreb.

Polære begrebspar i relation til strukturelle analogier

I afgrænsningsafsnittet defineres mentale modeller på to forskellige måder. For det første defineres det som **en strukturel analogi af verden**, hvilket er i overensstemmelse med Johnson-Lairds definition. For det andet defineres det som **en specifik kombination af polære begrebspar**.

De mentale modellers funktion var at forstå og forudsige begivenheder. Ud fra et eksempel uddybes nu mentale modeller forstået som strukturelle analogier.

Når man forsøger at forudsige, hvad der kan ske, hvis kæden af en cykel falder af, så forestiller man sig en 'repræsentation' af cyklen. Denne model kan bruges, uden at den i alle detaljer er i overensstemmelse med en konkret cykel, og er således en strukturel analogi og ikke et detaljeret visuelt billede. Den mentale model er ikke en bestemt cykel, men den fungerer, fordi den cykel, man forestiller sig, repræsenterer alle mulige cykler. Den mentale model er heller ikke afhængig af, at man kan manipulere Newtons love i hovedet, den kan alligevel bruges til at forstå og forudsige konsekvenserne af, at kæden falder af. Således er strukturelle analogier, hverken afhængige af en detaljeret visuel gengivelse af den situation de skal bruges i eller symbolmanipulation.

Mental model forstået som strukturel analogi passer ikke ind i Kellys teorier, for ifølge ham er det specifikke polære begrebspar, som bruges til at forstå og forudsige begivenheder, og disse er ikke til stede i den strukturelle analogi. Jeg har alligevel valgt at bibeholde mentale modeller forstået som strukturelle analogier, fordi der i den strukturelle analogi er en visuel dimension, idet man *forestiller* sig en cykel, og det var denne visuelle dimension, Petra efterlyste. Kemifagets terminologi er præget af polære begrebspar, derfor bibeholdes også definitionen af mentale modeller forstået som en specifik kombination af polære begrebspar.

Jeg vælger at bibeholde denne modsætning, fordi jeg håber, den kan skærpe min optik, når jeg betragter det empiriske materiale. Idet jeg grundlæggende mener, at denne komplekse og paradoksale virkelighed ikke kan indfanges af et konsistent teorikompleks.

Anden brug af Kelly i projektet

Foruden at bruge termen polære begrebspar, vil erkendelsescirkel også blive brugt til at forstå elevernes læring, derfor følger nu en kort opsummering af denne.

Opsummering af Kellys erkendelsescirkel

En persons processer (tanker, handlinger, perception m.m.) bliver formet af hans forventninger til den situation, som han befinder sig i. Disse forventninger *konstruerer personen* på grundlag af tidligere input. Når der kommer ændringer i input kan det medføre, at personen ændrer sine *personlige konstruktioner*. Disse *konstruktioner* er polære og indbyrdes relateret. De processer, som en given person udfører, afhænger af hvilken pol i en *personlig konstruktion*, han vælger. Han vælger den pol, som han forestiller sig, vil give ham den bedste mulighed for *både* at udvide *og* nuancere sit personlige konstruktionssystem.

En fokuseret præsentation af Gunther Kress' teorier

Kort præsentation af Gunther Kress som teoretiker.

Gunther Kress er professor i semantik og uddannelse ved University of London. En gennemlæsning af nogle af hans mange værker afslører, at han er meget optaget af et opgør med sprogets dominans i forståelsen af læring, idet han ud fra feltstudier påpeger, at undervisning og læring er præget af en kombination af modes. Det er denne *kombination*, som skaber mening. Dette ses fx i "Multimodal teaching and learning: the rhetorics of the science classroom".

Men han er også optaget af et andet dobbelt opgør: For det første imod den behavioristiske tankegang, at læring sker ved en overførsel af viden; og for det andet imod den afart af den konstruktionistiske tankegang, at læring sker, blot ved at læreren faciliterer eleverne udforskning af fakta. Han tillægger lærerens undervisning og elevernes indsats samme vægt – begge er essentielle, for at læringen skal lykkes (Kress et al., 2001, 10). Dette medfører, at han bruger ordet retorik i forbindelse med undervisning, hvilket uddybes nedenfor. Ligesom Lars Qvortrup (Qvortrup, 2001, s126ff) tager han både undervisningen og elevernes tilkobling til den seriøst.

Dette har også baggrund i, at Kress er *social* semantiker. Den sociale semantik lægger vægt på, at når en person skal producere tegn⁷, er hans tilgængelige ressourcer kulturelt bestemte. Hvilket gør kulturen, som undervisningen er en del af, betydningsfuld. Men dette kobles med at den sociale semantik lægger vægt på, at forholdet mellem tegnets form og mening er bestemt af 'producentens' ønske om at finde den bedste form til at udtrykke producentens mening (Kress et al., 2001, s5). Derved skaber producenten mening, og en analyse af den mening kan indikere, hvilken læring der er sket. Derfor er elevernes indsats ligeværdig med lærerens. Kress syn på læring uddybes lidt senere i forbindelse med en sammenligning med Kellys.

En definition af nogle af Kress' begreber.

Fordi Kress forholder sig til multimodal kommunikation, bruger han begreber fra mange forskellige fagområder og begreber, der traditionelt bruges til at beskrive en mode, overføres til en anden. Dette medfører, at han har et omfattende begrebsapparat. Nedenfor defineres nogle af de mest centrale begreber i forhold til dette projekt.

Medium – Mode

Et medium defineres som den fysiske substans, en kultur har formet til et middel for repræsentation af et budskab (Ibid., s15). Dette middel kaldes en mode. Fx er lydbølger et medium, og dette bruges både i musik og det talte sprog. Musik og det talte sprog er eksempler på to forskellige modes. En pc er et multimodalt medie, idet der bruges både musik og talesprog.

Tegnet

Det centrale begreb i semiotik er tegnet. Tegnet defineres som en form, som bærer en mening. F.eks. er CO₂ en konkret form, som bærer meningen *et molekyle bestående af et carbon og to oxygen atomer*

⁷ Definitioner af Kress' begreber følger senere i afsnittet.

(Ibid., s2). Begrebet tegn dækker således over *både* den konkrete form og den mening, som man tillægger tegnet. Det er sammenhængen imellem disse to, som er i fokus.

Repræsentation, kommunikation og retorik

Tegnet bruges til en formidling. I enhver formidling er der et emne, som man ønsker at formidle. *Repræsentation* og *kommunikation*⁸ er to begreber, som bruges til at fokusere på forskellige aspekter af denne formidling (Ibid., s4). Ved brug af begrebet repræsentation fokuseres på den information om emnet, som man har interesse i at formidle. Mens der i begrebet kommunikation fokuseres på den form, som man vælger af hensyn til modtageren. Dette kan illustreres som følger: Når en lærer skal formidle, at carbondioxid består af et carbonatom og to oxygenatomer, vil han i starten af et undervisningsforløb om molekyler fremvise en model af molekylet, hvor hvert atom repræsenteres med en kugle – se figur 9. Mens han i slutningen af det samme undervisningsforløb skriver "CO₂" på tavlen. I begge tilfælde repræsenteres et carbon og to oxygen atomer, men han har tilpasset sin kommunikation elevernes kendskab til den faglige kode og udvalgt repræsentationsformen i overensstemmelse med dette.

Retorik betyder det samme som kommunikation (Ibid., s4) i Kress' begrebsapparat. Jeg formoder, at Kress har introduceret dette yderligere begreb for at pointere betydningen af lærerens kommunikative valg.



Fig.9. En 'Ball and Stick' model af carbondioxid

Interesse

Personens brug af tegn opfattes ikke som en gengivelse af de tegn, som kulturen stiller til rådighed, men som en transformation af disse, og denne transformation er styret af individets interesse. (ibid., s6 og s145ff). Personens interesse formes af hans personlige historie i den kultur, han er en del af, og af hvad han fornemmer som relevant i forhold til den kontekst, han befinder sig i (Kress, 2010, s51).

⁸ Luhman foretager en tilsvarende opdeling, når han identificerer et vigtigt element i kommunikation som kommunikative selektioner. Der selekteres de to elementer information = repræsentation og meddelelsesform = communication (Qvortrup, 1998, s164)

Tekst

Teksten defineres som et budskabs (message) materielle udtryk (Kress et al., 2001, s27). I overensstemmelse med det multimodale fokus er det et meget bredt udtryk, der dækker udtryk af mening i flere modes og ikke kun i den skrevne. Det kunne være en reklame, en animation af opløsningen af natriumchlorid i vand eller en forelæsning om Luhmann. Det afgørende er, at teksten er en betegnelse for en *større sammenhængende semiotisk enhed*, som formidler hele budskab (Kress, 2010, s147f). Teksten er opbygget af *moduler*, som også opfattes som små enheder, men de skal formidle tekstens budskab (Ibid., s148)

Ramme

En tekst afgrænses af en ramme, så modtageren opfatter teksten som en helhed og ved, hvad han skal fokusere på (Ibid., s149). Når der er tale om brug af Internettets ressourcer, skal læreren være ekstra omhyggelig m.h.t. den faglige rammesætning, for eleverne bruger nettet til at udfolde deres sociale liv, da de opfatter det primært som et socialt og ikke et fagligt redskab.

Læring - en transformation af tegn

Læring beskrives som den proces, der foregår, når en person transformerer tegnene. Begrundelsen er at individet i og med transformationen opbygger et potentiale for at udtrykke sig **og** skaber deres individuelle begrebsmæssige, kognitive og følelsesmæssige 'indre' verden (Kress et al., 2001, s6). Dette læringsbegreb har således et ydre udtryk, som kobles sammen med et indre indtryk, men ikke et indtryk, som skabes pr. automatik. Indtrykket er afhængigt af personens interesse. Jeg definerer de mentale modeller, som værende en del af denne indre verden. På grund af denne kobling skulle et studium af elevernes produkter (tekster) kunne indikere, om der er sket en ændring i elevernes mentale modeller.

Men det ovenforstående kan misforstås, fordi produktionen af tegn forbindes med en sanselig tekst. Ifølge Kress sker produktionen af tegn også, når man læser eller modtager indtryk fra omgivelserne. I forhold til erkendelsescirkelen – figur 4 – placerer Kress således læring både ved punkt 3 og 4, hvor Kelly kun taler om læring i forbindelse med punkt 4.

Sammenligning af Kelly og Kress

Både Kelly og Kress er børn af deres tid. Kelly er en del af det begyndende opgør med behaviorismen, og fokuserer derfor på betydningen af menneskers konstruktioner og ikke på den ydre stimuli. Dog er den ydre stimuli også med i hans teori, fordi mennesket forholder sig til begivenheder. Mens Kress står i en social semantisk tradition, som lægger vægt på de kulturelt formede ressourcer, som man har til rådighed for ens egen tegnproduktion. Derved kan han i dette projekt - i højere grad end Kelly - bruges til at fokusere på kulturens og kontekstens betydning for dannelsen af mentale modeller. Derved kommer de to teorier til at supplere hinanden.

Også m.h.t. læringsforståelsen supplerer de hinanden. Kelly mener, at læringen sker, når en begivenhed bliver til en erfaring. Hvor Kress også mener, den sker, når mennesket producerer synlige tegn.

Igen gør det mig ikke noget, at der ikke er helt overensstemmelse imellem teorierne. Det kan tjene til at indfange den komplekse virkelighed.

Teoriernes muligheder

Kellys konstruktionssystem og specielt hans definition af de polære begrebspaar bruges til at konkretisere det lidt svævende begreb 'mentale modeller'. Samtidig beholdes dog også forestillingen om mentale modeller som 'strukturelle analogier' for at udvide forståelseshorisonten.

Kress bruges til at sætte læringen ind i en kulturel kontekst, til at analysere den multimodale kommunikation og til at forstå, hvorfor arbejdet med animationerne har potentiale til at udbygge elevernes mentale modeller.

Kellys erkendelsescirkel bruges også til at forstå, hvorfor arbejdet med animationerne har potentiale til at udbygge elevernes mentale modeller.

Hiim og HIPPES didaktiske relationsmodel, som introduceres sideløbende med en beskrivelse af min tilrettelæggelse af timen, bruges primært til at analysere denne. Desuden indgår Birgitte Holm Sørensens teorier om, hvilke faktorer, der specielt motiverer den elevtype, som er vokset op med de digitale medier.

3. Metode

Overordnede overvejelser og diskussion af undersøgelsesmetoder

Inspiration fra selvetnografi

Jeg har valgt at analysere en kultur, som jeg selv er en del af, og er således ikke objektiv iagttagere af elevernes læring. Derfor er jeg nødt til at vælge en metodisk tilgang, som maksimerer fordelene ved, at jeg er en del af kulturen og minimerer de tilsvarende ulemper. Mats Alvesson (2003) har skrevet en artikel "Methodology for close up studies – struggling with closeness and closure", som belyser denne problematik.

De 'close up studies', som han beskæftiger sig med er selvetnografiske. Han beskriver selvetnografi som

...a study and a text in which the researcher-author describes a cultural setting to which s/he has a "natural access", is an active participant, more or less on equal terms with other participants (Ibid., s174)

Dette projekt er ikke selvetnografisk, da jeg ikke er elev, og det ikke er et studium af gymnasiekulturen som sådan, men jeg har en naturlig tilgang til miljøet og er en aktiv deltager på linje med andre lærere. Derfor antager jeg, at artiklens tilgang er en relevant metodisk indgang til dette projekt.

Selvetnografiens store fordele er, at man har et indgående kendskab til det empiriske materiale, et kendskab som det ville tage lang tid for en udefrakommende observatør at opbygge. Samtidig har man ubesværet adgang til det empiriske materiale, så der skulle være mulighed for en righoldig beskrivelse og analyse. Begge disse fordele kan beskrives med ordet nærhed (closeness). Men nærhedens bagside er, at man er indvævet i den studerede kulturs præmisser (closure), og hele tiden skal kæmpe for at etablere afstand. Alvesson bruger det billede, at selv-etnografen er som en fange, der forsøger at undslippe fra et fængsel (Ibid., s176). Først når han er undsluppet fængslet, har han mulighed for at analysere det empiriske materiale på en sådan måde, at nye aspekter fremkommer. En afgørende faktor, for at dette skal lykkes, er refleksion (Ibid., s184). Alvesson redegør for mange faktorer, som kan bidrage til refleksion. Fælles for dem alle er, at de ændrer etnografens optik, så han kan analysere det empiriske materiale med nye briller/synsvinkler. Her redegøres for de faktorer, som er relevante og bruges i dette projekt:

- Han skal have været ansat i organisationen i lang tid og alligevel have nye erfaringer. Dette passer med, at jeg har været kemiunderviser ved det samme gymnasium siden 1991, men alligevel har høstet nye erfaringer pga. de forhold, som skildres i indledningen.
- Perioder med organisatorisk forandring er velegnede. Gymnasireformen af 2005 beskrives om den mest gennemgribende ændring af gymnasiet siden 1903 (Damberg, Dolin, & Ingerslev, 2006, 93)
- Han skal anvende flere forskellige teorier til at analysere materialet. Derfor vælger jeg to forskellige teorier.

- Han skal producere et righoldigt materiale, som belyser den samme situation fra flere forskellige vinkler. Triangulation kan producere et righoldigt materiale, så jeg vælger det – se nedenfor. Jeg har desforuden valgt at gå i dybden ved kun at beskæftige mig med en af mine klasser og kun analysere undervisning inden for syre-base området.

Kvalitative undersøgelsesmetoder

Da tiden er en begrænsning, og jeg ikke har adgang til en repræsentativ gruppe af informanter, vælger jeg en kvalitativ analyse. Dog foretages en kvantitativ analyse af resultatet af de to elevprøver. Men disse bruges ikke til at formulere kvantitative udsagn om større og anderledes elevgrupper. Derimod bruges de til at kvalificere den kvalitative analyse af empirien. Idet resultaterne af prøverne kan vise, om eleverne har lært i højere grad at forbinde det symbolske og det partikulære niveau. Denne viden giver et udgangspunkt for den kvalitative analyse af interviewene – se afsnit 4.

Triangulation

Jeg vil benytte triangulation, så elevernes læring belyses fra forskellige vinkler, hvilket skulle medføre, at mine konklusioner bliver mere valide (Sharp, Rogers, & Preece, 2007, s293). Således består det empiriske materiale af både skriftlige prøver, Camtasia- og videooptagelser af to elevers arbejde med animationerne, semistrukturerede interview med to andre elever, et semistruktureret gruppe interview med mindtape lignende elementer (Nielsen, Christiansen, Clemmensen, & Yssing, 2003) og en Kress-inspireret analyse af et skriftligt elevprodukt .

En hermeneutisk analyse

Jeg har valgt at foretage en hermeneutisk analyse. For at kunne vurdere om arbejdet med animationerne har medført, at eleverne har opbygget mentale modeller, skal man fortolke de 'tekster'⁹, som de producerer. Der er ingen direkte adgang til elevernes mentale modeller.

Desuden er den i overensstemmelse med Kress' definition af læring, hvor det netop er elevernes tekster, som indikerer, hvilken læring der er fundet sted. En mulig måde at afdække læringen bliver så at foretage en hermeneutisk analyse.

I et interview produceres viden i samspillet imellem interviewer og respondent (Kvale & Brinkmann, 2009, s34), men også bevidstheden om et kommende interview producerer viden, idet de elever, som har meldt sig til at blive interviewet, vil have et andet fokus i det foregående arbejde med animationerne. Derfor giver analysen indblik i mentale modeller, som er påvirket af undersøgelsen af dem. Der er intet 'uforurenet' objekt, der kan undersøges.

En anden vigtig faktor er, at jeg som elevernes lærer og MIL-studerende er subjektivt involveret, og resultatet af analysen påvirkes af denne subjektivitet.

Men den hermeneutiske analyse gør ikke krav på at være objektiv, forstået som uafhængig af subjektivitet, kontekst og historie. Men den gør krav på at producere en gyldig og almen forståelse af en teksts mening på det aktuelle tidspunkt, idet der er åbenhed om fortolkerens fortolkningsunivers

⁹ 'Tekster' refererer til det brede tekstbegreb som defineret i afsnittet om Gunther Kress' teorier. Herefter bruger jeg udtrykket uden anførselstegn.

og fordomme (Ibid., s68f). Derfor er den hermeneutiske analyse netop relevant at brug i denne sammenhæng.

Således vælges den hermeneutiske analyse, fordi den kan afdække læring, som er relevant i forhold til problemformuleringen og er i overensstemmelse med den subjektive og kontekstuelle karakter af den viden, som dette projekt producerer.

Nærmere beskrivelse af valgte metoder til dataindsamling og deres udførelse

Det semistrukturerede interview

For at kunne spørge ind til elevernes oplevelse af arbejdet med animationerne valgte jeg det semi-strukturerede interview som den vigtigste af mine dataindsamlingsmetoder.

Jeg benyttede mig af åbne spørgsmål, da interviewet har et eksplorativt sigte (Sharp et al., 2007s 304). For at formulere den slags spørgsmål, brugte jeg hovedsageligt ordene "hvad" og "hvordan" i stedet for "hvorfor" (Kvale, 1994, 135 f). Der blev bestræbt udformet interviewguides (Ibid.1994, s 133ff) til alle interviewene med min problemformulering som forskningsspørgsmålet - Et eksempel ses i Bilag 11.

Alle interviewguides blev inspireret af mine iagttagelser af eleverne under arbejdet med animationerne og min analyse af klassens prøve. Desuden var afspilning af udvalgte sekvenser af video-/camtasiaoptagelser af respondenternes arbejde med animationerne et vigtigt element i interviewet med Lars og Casper. Idet en sådan afspilning kan aktivere hukommelsen (Nielsen et al., 2003, 237). Når dialogen om en sekvens var udtømt, fortsatte interviewet med afspilningen af den næste sekvens. Til interviewet med Otelia, nåede jeg ikke at lave en interviewguide, men da dialogen ud fra hendes skitse var et væsentligt element, var der alligevel en god struktur i interviewet.

I overensstemmelse med god praksis blev interviewene indrammet af briefing og debriefing (Kvale & Brinkmann, 2009, 132 f).

Chokolade og latter skabte en afslappet atmosfære. Desuden sagde jeg ofte, "Ja" eller "Mmh" for at vise empati. Elevernes faglige fejl blev først rettet efter, at interviewet var forbi, for at eleverne ikke primært skulle tænke på at give et godt indtryk af deres faglige standpunkt.

Etiske overvejelser

Fordi jeg er elevernes lærer, og interviewene drejer sig om brugen af animationer i kemi, overvejede jeg det etisk forsvarlige i at eksponere elevernes tanker og viden eller mangel på samme. Jeg havde på forhånd indhentet et informeret samtykke fra alle elever i klassen eller deres forældre, hvis de var under 18 år - Se bilag 10. Dette samtykke gav tilladelse til, at empirien kunne bruges til masterprojektet, og at det kunne tilgås fra nettet. Men på trods af interviewets relativt nøgterne emne skaber interviewsituationen nye bånd imellem eleverne og mig, og jeg bliver i denne konkrete situation opmærksom på, at jeg holder noget af respondentens 'liv i min hånd'¹⁰.

¹⁰ Udtrykket kommer fra Løgstrups interdependensetik (Andreasen et al., 2005, s 256f)

Dette får følgende konsekvenser: For at hindre identifikation af eleverne anvender jeg pseudonymer og viser ikke billeder af dem. Det billedmateriale, som jeg havde tænkt skulle ligge på nettet, bliver i stedet for lagt på en dvd, som kun censor og eksaminator har adgang til. Dette er et eksempel på anvendelse af personlig dømmekraft i en konkret interviewsituation (Ibid., s35).

Desforuden er det ikke sikkert, at jeg har analyseret materialet optimalt, hvis jeg har fornemmet, at det kunne medføre et negativt billede af de elever, som har vist mig tillid.

Vurdering af indsamlingen af empiri

Der blev skabt en afslappet og bekræftende atmosfære, hvor eleverne lo og slappede af. De havde tid til at tænke sig om, og jeg formåede at spørge ind til en del af deres udsagn, så eleverne uddybede dem. Men der var også mange gange, hvor min manglende erfaring prægede interviewets forløb. Det var svært ikke at stille ledende spørgsmål eller spørgsmål, som startede med "hvorfor". Det var svært at stille præcise spørgsmål, og jeg forstod ikke altid at få eleverne til at redegøre for modsigelserne i deres udsagn.

I det semistrukturerede interview med Otelia medførte en teknisk fejl, at den første optagelse blev slettet. Hun var venlig og indvilligede i at gentage interviewet med det samme, men det gav en lidt kunstig atmosfære, fordi vi begge forholdt os til det første interview i stedet for blot at være til stede i det igangværende interview.

Imidlertid vurderer jeg, at den afslappede atmosfære var et vigtigt element i interviewet, som medførte, at eleverne fik anledning til at komme frem med det, de oplevede som væsentligt.

Transskriptionen

Den overvejende del af interviewene er blevet transskriberet. De først par sider i hver transskription holder sig tæt op ad talesproget, og pauser, diverse lyde og dårlige formuleringer m.m. medtages. Dette giver en fornemmelse for atmosfæren i interviewet. De følgende sider holder sig stadig tæt op ad talesproget, men nogle af lydene og de værste gentagelser af ord fjernes af hensyn til læseligheden. Når citater fra transskriptionen anvendes i projektet, rettes de endnu mere til, så det nærmer sig en skriftlig stil. Den eneste undtagelse er, når der er en analytisk pointe med at bibeholde den sproglige form. Dette er i overensstemmelse med Kvaales anbefalinger (2009, 307f).

Pauser i interviewet angives med tre prikker: Korte og lange pauser angives ens.

Når der foregår noget, mens en person taler, angives det i parentes. Fx, "Jeg syntes det var overraskende (latter) at se tegningen". En parentes i et citat kan også indeholde et ord, som uddyber sammenhængen. Fx, "fordi det er på det (partikulære) niveau. Ud fra sammenhængen er det muligt at aflæse, hvordan parentesen bruges.

Hvis væsentlige dele af transskriptionen udelades, når der bringes et citat, angives det med tre prikker omgivet af parenteser: (...).

Undersøgellesdesign

En kronologisk oversigt over empiriindsamlingen

Bortset fra interviewet med Petra blev al empirien indsamlet i en to ugers periode ultimo april – primo maj 2010

Dato og tidspunkt	Empiri
Onsdag den 3.juni 2009	Semistruktureret interview med tidligere elev – Petra
Onsdag den 7.april 2010 , 9.35-9.55	Alle klassens elever besvarede en prøve, før gennemgang af syre-base området, der afdækkede deres forkundskaber. Prøven var uden hjælpemidler
Mandag den 26.april 2010, 10.55-12.05	Klassen arbejdede med animationer en halv time efter introduktion. Camtasia- og videooptagelse af et elevpars arbejde med animationerne - Casper og Lars
Tirsdag den 27.april 2010, 8.15-9.25	Klassen arbejdede med animationer og historier i 50 minutter. Camtasia- og videooptagelse af et elevpars arbejde med animationerne – Casper og Lars. Eleverne lavede en skitse af en historie om en syre-base reaktion. Fire skitser/historier blev indsamlet.
Tirsdag den 4.maj 2010, 12.35-12.55	Alle klassens elever besvarede en prøve efter arbejdet med animationerne, for at afdække deres udbytte. Prøven var uden hjælpemidler.
Tirsdag den 4.maj 2010, 15.00-15.30	Semistruktureret interview med en elev, som fortalte om hans fremgangsmåde ved arbejdet med animationerne, og hans udbytte af at arbejde med animationerne – Erik
Onsdag den 5. maj 2010, 11.15-11.40	Semistruktureret interview med en elev, som fortalte om den skitse, hun havde produceret og om hendes udbytte af at arbejde med animationerne – Otelia
Onsdag den 5.maj 2010, 14.00-15.00	Semistruktureret gruppeinterview med Casper og Lars med elementer af mindtape. De fortalte om deres arbejde med animationerne.

Tabel 1. En kronologisk oversigt over empiriindsamlingen

Udvælgelse af respondenter

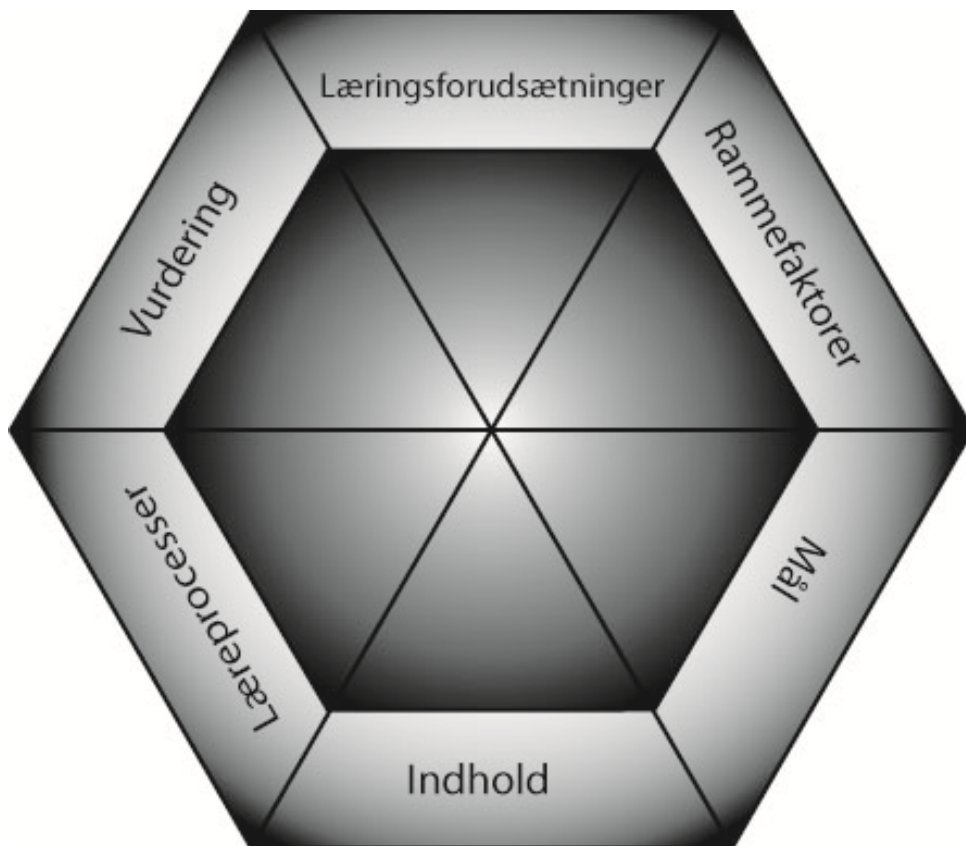
Jeg bestræbte mig på at udvælge elever, som var repræsentative for det faglige niveau i klassen. De fire elever fik karaktererne 4, 4, 7 og 10. Men da eleverne gør mig en tjeneste ved at deltage i undersøgelsen, er det elever, som er velvilligt indstillet overfor faget, så der er ikke repræsentanter for den umotiverede del af klassen.

Det didaktiske design af forløbet om syre-base reaktioner med fokus på arbejdet med animationerne.

Arbejdet med animationerne afprøves i et undervisningsforløb om syre-base reaktioner. Da det er sidst på skoleåret, er der kun tre undervisningslektioner á 70 minutter til at gennemgå hele syre-base området.

Til min tilrettelæggelse af den ene time, som jeg ville bruge på animationerne, brugte jeg Hiim og Hippe's didaktiske relationsmodel (Hiim & Hippe, 2007, s73ff) som analyseredskab – se figur 10. Den sammenfatter vigtige kategorier, som alle skal medtænkes i undervisningsplanlægningen, og den lægger vægt på, at disse kategorier påvirker hinanden og skal sammentænkes, for at undervisningen

kan lykkes. Modellen faciliterer en analytisk tilgang, så den kan give en frugtbar forståelsesramme for undervisningen.



Figur 10. Hiim og Hippe's didaktiske relationsmodel¹¹

Hiim og Hippe lægger op til, at en af kategorierne ikke skal være styrende for de andre, men at alle kategorier er betydningsfulde for undervisningen som helhed (Ibid., s72). Dog vil der være specifikke situationer, hvor den ene eller flere af kategorierne er specielt i fokus, fordi de opleves som en udfordring i undervisningen. I den nedenstående beskrivelse fokuseres specielt på læringsforudsætninger, indhold og læreprocesser.

I det efterfølgende gennemgås de 6 kategorier primært i relation til den ene time med animationer og sekundært i relation til hele syre-base forløbet.

Læringsforudsætninger

De psykiske, fysiske, sociale og faglige muligheder og problemer, eleverne har på forskellige områder i forhold til den aktuelle undervisning. (Ibid., s134)¹²

¹¹ Figuren er lavet af Søren Wilhelmsen

Klassen har valgt en studieretning med samfundsfag på A-niveau, mediefag på B-niveau og matematik på B-niveau. Men matematiklæreren har fundet det svært at undervise klassen, og har fortalt, at der var en del af eleverne, som ikke var klar over, at matematik på B-niveau indgik i studieretningen. De havde valgt studieretningen ud fra, at mediefag på B-niveau indgik. Mediefagslæreren har haft tilsvarende nemt ved at undervise klassen, mens jeg har haft problemer.

Klassen er heterogen med karakterer i kemi, som spænder fra 00 til 10. Således har nogle af dem koblet sig på undervisningen, og den er blevet til en erfaring, en læring. Mens andre enten ikke har formået det eller/og med forsæt har befundet sig i andre 'rum'. Således er elevernes faglige muligheder og problemer på nuværende tidspunkt af skoleåret meget forskelligartet. Det samme gælder på det fysiske område. Nogle af drengene har vanskeligt ved at sidde stille og koncentrere sig i længere tid, mens der er andre af eleverne, og her er der specielt pigerne, som dominerer, som er gode til dette. I begyndelsen af skoleåret var drengene meget optaget af at finde deres position i klassen, og det var svært at trænge igennem med den faglige dagsorden, men det er blevet lettere, efter de har lært hinanden at kende, og efter at tre af de svageste elever er holdt. I projektorienterede forløb indenfor almen studieforberedelse havde klassen overrasket mig ved at være engageret og være i stand til at skabe nogle flotte produkter. Denne erfaring fik mig til at overveje metoder til i højere grad at koble deres evner til den daglige kemiundervisning.

Studieretningen indeholder mediefag på B-niveau, og det er mit indtryk, at eleverne i højere grad end den gennemsnitlige gymnasieelev færdes hjemmevant i forskellige virtuelle rum. Derfor har jeg valgt at tage udgangspunkt i de motivationelle læringsfaktorer, som Birgitte Holm Sørensen peger på ud fra et studium af børns hverdagsliv med de digitale medier.

*”Handling – at gøre noget selv og at styre
Udfordring – at blive stillet over for problemer, der skal løses
Reifikation – at skabe, producere, eksperimentere
Socialitet – at kommunikere og indgå i fællesskaber
Præstation – at få anerkendelse og nyde respekt
Selvtolkning – at afsøge og afprøve sin identitet, herunder køn
Nydelse – at indgå i sansemæssige og kropsligt nydelsesmæssige situationer”*
(Sørensen, nov 2009, s 10)

Disse børn var i alderen 7-15 år, derimod er eleverne i 1.g typisk mellem 16 og 18 år. Men de første 5 læringsfaktorer havde været til stede i de vellykkede projektorienterede forløb. Desforuden havde eleverne efter jul arbejdet i grupper på fem til seks personer for at løse konkrete og vanskelige opgaver. Der iagttog jeg, at eleverne indgik i en faglig dialog og fik løst opgaverne. Denne måde at arbejde på gav dem en *udfordring* i en *social* ramme, og de elever, som kunne hjælpe de andre med at løse opgaven, fik sandsynligvis anerkendt deres *præstation*. Disse erfaringer bidrog til beslutningen om at have de ovenfor nævnte læringsmotivationelle faktorer som udgangspunkt i planlægningen af denne time.

Rammefaktorer

Kategorien rammefaktorer spænder fra fysiske til lovmæssigt fastsatte rammefaktorer. Her fokuseres på de fysiske. Kemiundervisningen foregår i et klasseværelse med auditorieopbygning, hvilket giver dårlige rammer for gruppearbejde. Men tæt på ligger to datalokaler med ca. 25 pc'ere og et lokale med

100 siddepladser, som ofte bruges til gruppearbejde. Mange af eleverne har bærbare pc'ere, men for det meste er det kun drengene, som tager dem med, og de bruges ofte til at spille på i timerne. Andre klasser bruger også disse faciliteter, så det er nødvendigt at planlægge og reservere lokalerne i god tid. Jeg nåede kun at reservere et af edb-lokalerne og bad derfor eleverne om også at tage bærbare pc'ere med.

Da der kun er én elev, som kan styre musen ad gangen, bad jeg eleverne om at inddеле sig i grupper på 2-3 personer, for at maksimere deres mulighed for at handle.

Mål

Målene for undervisningen spænder fra de mål, som kommer til udtryk i gymnasiets formålsparagraf over faglige mål, til de konkrete mål for den enkelte time. Disse mål er i naturvidenskab ofte tæt forbundet med det faglige indhold. Her fokuseres på de faglige mål.

I fagbilaget for kemi C er de to første faglige mål:

Eleverne skal kunne:

- ***Beskrive stoffers opbygning og simple kemiske reaktioner***
 - ***Relatere observationer, model- og symbolfremstillinger til hinanden***
(Undervisningsministeriet, jan 2005, bilag 32, §2.1)
-

De konkrete mål for denne time er afledt heraf: Eleverne skal kunne beskrive syre-basereaktionerne og relatere disse til animationerne. Det vil sige, eleverne skal relatere symbolfremstilling og modeller af det partikulære niveau til hinanden.

Indholdet

"Indholdet er det, undervisningen handler om, og hvordan dette vælges og tilrettelægges." (Hiim & Hippe, 2007, s79)

Kemi C's fagbilag kræver en gennemgang af syre-base reaktioner, pH-begrebet og titreringer (Undervisningsministeriet, jan 2005, Bilag 32, §2.2) Med 5 lektioner af skoleåret tilbage var der ikke plads til elevindflydelse, og jeg tilrettelagde et meget stramt program – se tabel 2.

En introducerende prøve havde testet elevernes viden på syre-baseområdet. Jeg planlagde at fortælle eleverne, at de kunne næsten intet, for at provokere dem til at arbejde med stoffet, idet introduktionen af en 'forskel' er et vigtigt element også i naturvidenskabernes didaktik (Ogborn, Kress, Martins, & McGillicuddy, 1996, s12).

Jeg betragtede timen som en enhed, der formidlede de centrale hovedbegreber indenfor syre-base området. Således var timen en tekst, sådan som begrebet defineres af Gunther Kress. Teksten bestod af følgende moduler:

Dato og tidspunkt	Mandag den 26.april, 10.55-12.05	Tirsdag den 27.april 8.15-9.25	Onsdag den 28.april 9.35-10.45
Indhold	En motiverende introduktion til syre-base områdets hoved begreber.	En gennemgang af pH begrebet og en uddybning af ligevægtsbegrebet	En gennemgang af syrebasititreringen med fokus på sammenhængen imellem pH-ændringer og titrerreaktionen
Arbejdsformer	Traditionel tavleundervisning samt elevernes par-samarbejde med besvarelse af lærerformulerede spørgsmål ud fra animationer.	Traditionel tavleundervisning samt opgaveregning i større grupper.	Traditionel tavleundervisning samt opgaveregning i større grupper.

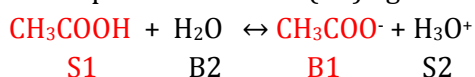
Tabel.2. Det planlagte indhold af syre-base timerne.

Første modul

Starten på det første modul var også tænkt som den retoriske ramme om timen, da det gjorde eleverne opmærksom på de begreber, de skulle fæstne deres opmærksomhed på i denne time.

Jeg skrev hovedbegreberne indenfor syre-base området på tavlen og forklarede imens.¹³

- Definitionen på en syre: Et stof, som kan afgive en hydron.
- Definitionen på en base: Et stof, som kan optage en hydron.
- Andre navne for en hydron er en proton, H⁺-ionen eller hydrogenionen.
- En nødvendig betingelse for at et stof kan være en syre, er at det indeholder hydrogen.
- En nødvendig betingelse for at et stof kan være en base, er at det indeholder et ledigt elektronpar
- Reaktioner kan foregå i begge retninger, derfor bliver en syre(S1) omdannet til en korresponderende base(B1) og omvendt:



Det introducerede begreberne syre, base og hydron, som hvert eneste efterfølgende modul tog op igen fra forskellige vinkler. Min opskrivning på tavlen understregede den polære struktur, hvilket skulle hjælpe eleverne til - i det efterfølgende arbejde med animationerne - at udvikle mentale modeller.

¹³ Dette er inkluderet for at lette forståelsen af de efterfølgende analyser for læsere, som mangler forudsætninger indenfor kemi.

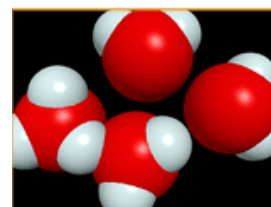
Det var skrevet på tavlen, så det kunne fungere som en referenceramme for de efterfølgende moduler, og jeg bad eleverne om at skrive det ned, så de elever, som arbejdede i datalokalet, via deres notater kunne tage referencerammen med sig.

Andet modul

Som en yderligere hjælp til elevernes konstruktion af begreberne fortalte jeg en historie om en gammel dame (**syren**), hvis taske (**hydronen**) blev stjålet af en tasketyv (**basen**). Indenfor naturfagenes didaktik er det almindeligt at koble videnskabelige begreber til en hverdagshistorie, så eleverne får lettere ved at relatere til begreberne¹⁴. Dette kan fortolkes ud fra Kellys teorier. Ved at skabe en analogi kan eleverne begynde at relatere til kemien ved hjælp af nogle kendte polære begrebspår, så de får en fornemmelse af, at de kan forstå og forudsige kemi på det partikulære niveau. Derved kan de komme i gang med den erkendescirkelbevægelse, som Kelly beskriver. Så de har mulighed for at komme i gang med læringen ud fra en virtuel begivenhed.

Tredje modul

I det tredje modul skulle eleverne arbejde med animationerne ud fra et ark med spørgsmål. En nærmere beskrivelse af det findes i det efterfølgende afsnit om læreprocessen, og selve arket kan ses i bilag 9. Rammen for dette modul blev sat ved, at jeg på storskærm viste eleverne, hvorledes de skulle afspille og gentage animationerne. Desuden var der ved spørgsmålene et skærmdump af den relevante animation, så eleverne hurtigt kunne finde den på websiden. Som det kan ses, vises atomerne som kugler og halvkugler.



Fjerde modul

Det fjerde modul skulle være en kort opsamling på klassen, til belysning af de vanskeligste punkter.

Læreprocessen

Projektet tager udgangspunkt i Kellys teorier, hvor læringen formodes at finde sted, når eleverne har anledning til at teste deres forventninger (hypoteser), så en begivenhed transformeres til en erfaring. Jeg betragter animationen som et virtuelt eksperiment, da eleverne får et visuelt sanseindtryk, og der er et tidsforløb på samme måde som i ikke-virtuelle eksperimenter. Der er mindre 'spildtid' end i almindelige eksperimenter, fordi de praktiske forhold ikke tager samme tid.

Da eleverne har mulighed for at gentage animationerne, og stoppe dem undervejs, kan de undersøge dem visuelt meget mere indgående, end der er mulighed for i et traditionelt eksperiment. Mine spørgsmål hjælper dem til at fokusere på det vigtige. Gentagelsen medfører muligheden for mange gennemløb af den erkendescirkel, idet forventningerne hurtigt kan af- eller bekræftes. En anden betydningsfuld faktor er, at eleverne kan arbejde i deres eget erkendelsesmæssige tempo, hvilket er specielt vigtigt i denne klasse, fordi eleverne har så forskellige faglige forudsætninger.

Par-samarbejdet og de bundne spørgsmål skulle medføre en faglig diskussion, hvor informationen fra billederne hele tiden formuleres med ord, hvilket kan forstås som et eksempel på punkt 4 i

¹⁴ Den fagdidaktiske term er "Ontology of the everyday" (Kress, Jewitt, Ogborn, & Tsatsarelis, 2001, s24))

erkendelsescirkelen. Der var også et spørgsmål, hvor de skulle formulere og skitsere en hverdagshistorie, der illustrerede en syre-base reaktion. Denne produktion af nye tegn skulle medføre ændringer i deres kognitive potentiale ifølge Kress (2001, s6). Altså to forskellige læreprocesser, som kan medføre, at eleverne opbygger mentale modeller.

Der var mange spørgsmål på arket, for at også de fagligt dygtige skulle have nok at arbejde med.

Vurdering

Hiim og HIPPES evaluering begreb er multidimensionelt (Hiim & Hippe, 2007, s81f). Jeg tager kun fat i enkelte af dimensionerne. Først præsenteres min umiddelbare vurdering, dernæst resultatet af en test og følgende en opremsning af de temaer, som bliver behandlet i analyseafsnittet, hvor den videre vurdering finder sted.

Min umiddelbare vurdering giver mig associationer til det engelske ordsprog, "The best-laid plans of mice and men, go oft awry". Eleverne blev stille, da jeg fortalte dem, at de intet forstod, men kort efter begyndte nogle af dem at larme, fordi det var sidste lektion før spiseafbrud. Måske har de ikke opfattet det som en udfordring, men som en konstatering af at de var dumme – deres læring blev ikke den, jeg havde intenderet. Jeg blev irriteret og de første to moduler blev præget af mine markeringer for at skaffe ro. Derved kom de til at trække ud, og varede ca. 30 minutter og der var kun ca. 35 minutter til spørgsmålsark og opsummering. En del af eleverne var ikke fokuserede på opgaven, og der var megen baggrundslarm. I slutningen af timen besluttede jeg mig for, at de var nødt til at arbejde videre med animationerne næste dag. Den næste dag var der også megen larm, men nogle af eleverne var optaget af spørgsmål 3, hvor de selv skulle konstruere en historie om en syre-base reaktion. Den teori, som hørte til dagen, blev så meget summarisk gennemgået.

En uge efter holdt jeg en prøve uden hjælpemidler for at vurdere elevernes læringsudbytte. Prøvens rådata findes i bilag 13 og de bearbejdede resultater i bilag 15.

Prøven var struktureret på samme måde som den prøve der skulle måle deres forkundskaber, og den viste, at de var blevet markant bedre til at sammenkoble det symbolske og det partikulære niveau, samt at de tre hovedbegreber – syre, base og hydron i al væsentlighed var forstået. Dette uddybes i det første af de analytiske temaer i analyseafsnittet. Flertallet af eleverne har således fået et godt læringsudbytte af arbejdet med animationerne på trods af nogle didaktiske fejltagelser fra min side, og i den efterfølgende del af analyseafsnittet analyseres det empiriske materiale for at belyse årsagerne.

De analytiske temaer er som følger:

- Ændringen i elevernes kobling af det symbolske og det partikulære niveau.
- Ændringer i mentale modeller på grund af arbejdet med animationerne.
- Kontrasten imellem elevernes forståelse af elementer, som de har arbejdet med ud fra animationerne og elementer, som de har arbejdet med ud fra en traditionel præsentation.
- Det didaktiske design er afgørende.
- Betydningen af lærerdefinerede opgaver
- Arbejdet med animationerne og erkendelsescirkelen
- Arbejdet med at producere tegn.
- Par-samarbejdet
- Visuelt arbejde ved pc-skærmen

4. Analyse

Min analyse er hovedsageligt kvalitativ, dog kan jeg ud fra en sammenligning af klassens niveau før og efter gennemgangen af syre-baseafsnittet se, hvorledes deres tolkning af det partikulære og det symbolske niveau har ændret sig p.g.a. arbejdet med animationerne i dette didaktiske design. Heri er der et kvantitativt element. Denne ændring vil jeg forsøge at finde mulige årsager til i den efterfølgende kvalitative analyse. Resultatet af analysen kan bruges til at pege på animationernes potentiale i denne kontekst, men der er intet forsøg på bastante og omfattende konklusion. Dertil er min population for lille og udvælgelsen af forsøgspersoner er heller ikke repræsentativ for elevgruppen. Temaerne for denne analyse er nævnt i foregående afsnit.

Ændringen i elevernes kobling af det symbolske og det partikulære niveau

Eleverne gennemførte de to prøver uden hjælpemidler, i bilag 12-15 findes rådata og analysen af svarene.

Spørgsmål 1 i de to prøver havde samme ordlyd, men indeholdt to forskellige reaktioner. Spørgsmålet var, "Redegør for al den information, som ligger i følgende reaktionsskema:". Analyse af svarene viser, at før arbejdet med animationen var der ingen af de 24 elever, som lavede en korrekt sammenkobling af det symbolske og det partikulære niveau, og kun 8 % som overhovedet forsøgte at lave en sammenkobling. Efter arbejdet med animationerne var der 63 %, som lavede en korrekt sammenkobling af det partikulære og det symbolske niveau og yderligere 13 %, som lavede en fejlagtig sammenkobling. Dette tolker¹⁵ jeg som en signifikant forbedring af elevernes niveau indenfor et område, som traditionelt byder på vanskeligheder i kemiundervisningen. Dette betyder, at arbejdet med animationerne i det didaktiske design, som blev skildret i det foregående afsnit, indeholder et læringspotentiale, og at eleverne har udviklet mentale modeller, da mentale modeller bruges til at forstå verden. Men eleverne brugte megen tid i arbejdet med animationerne – i alt en time og 20 minutter. Det er umuligt at vurdere, hvordan det ville have påvirket deres kobling af det symbolske og det partikulære niveau, hvis de havde fået den samme tid til at arbejde med syre-base teorien med traditionelle opgavetyper.

Delkonklusion

Eleverne har opnået en signifikant bedre evne til at tolke det symbolske niveau ud fra det partikulære niveau, så de har fået udviklet deres mentale modeller. Altså har arbejdet med animationer et læringspotentiale indenfor dette område. Ud fra det kan der ikke konkluderes, at læringspotentialet er større end ved de traditionelle arbejdsformer/opgavetyper, for der er blevet brugt megen tid på arbejdet med animationerne.

Idet efterfølgende afsnit vil jeg - så vidt muligt ud fra teoriens optik - analysere empirien for yderligere at belyse, hvilken betydning animationerne og det didaktiske design har haft for elevernes mentale modeller, og hvorfor det har haft denne betydning.

¹⁵ Min begrundelse for denne tolkning indeholder en del kemifaglige begreber, så jeg har valgt at placere den i bilag 16, da dette projekt i første omgang er rettet mod et ikke kemikyndigt publikum.

Ændringer i mentale modeller på grund af arbejdet med animationerne

Jeg har to definitioner af mentale modeller: De er defineret som strukturelle analogier **og** som en kombination af polære begrebspar. Dette afsnit vil analysere elevernes kvalitative udsagn for at se, hvilke tegn der er på strukturelle analogier, og hvilke tegn der er på kombinationer af polære begrebspar. Dette gøres ved først at sammenligne min tidligere elevs udtalelser om det partikulære niveau med udtalelser fra nogle af de elever, som har arbejdet med animationerne. Dernæst analyseres en elevs udtalelser om hans fremgangsmåde, da han besvarede prøven. Til slut analyseres enkelte udsagn fra prøven efter arbejdet med animationerne, hvor der her fokuseres på polære begrebspar.

En tidligere elevs udtalelser

Interviewet startede med følgende ordveksling:

Helena, " Da vi mødtes i svømmehallen, så sagde du til mig, at fysik det var meget nemmere at forstå end kemi, men kemi det var svært. Hvorfor var det, Petra?" (0:00:00.0)

Petra. "Ja, men for mig er det bare sværere, fordi det hele er så småt og der er ikke noget sådan, at man sådan kan forholde sig til, fordi man ikke kan se eller mærke de ting, man snakker om. Og selv om man får at vide, at man bruger mange af tingene i hverdagen og beskæftiger sig med mange af tingene i hverdagen, så virker det bare så virkelighedsfjernt i forhold til fysik og alle de andre fag, der sådan er mere visuelle (0:00:13.2) (SI P 3.juni, 2009, 0-0:00:45.8)

Petra siger, "det *hele* er så småt". Kemi består også af et makroskopisk plan, som man netop kan se og sanse, men hendes manglende forståelse af det partikulære niveau er så stort et problem, at det overskygger det makroskopiske niveau. I hendes bevidsthed er kemi kun det partikulære niveau, som hun ikke kan forholde sig til. Hun bruger 'så' til at understrege hendes synspunkt. Kemi er ikke blot småt, men det er "så småt". Kemi virker ikke blot virkelighedsfjernt, det virker 'så virkelighedsfjernt'. Hun modstiller det virkelighedsfjerne med hendes viden om, at mange af tingene bruges i hverdagen. På et eller andet plan fornemmer hun således kontrasten imellem hendes (manglende) intuitive fornemmelse for kemi, og at de fænomener, som kemien forklarer, tilhører hverdagen. Men her er det værd at lægge mærke til hendes formulering. Hun siger, "At man får at vide". Brugen af 'man' i stedet for 'jeg' og 'får at vide' i stedet for 'forstår' viser, at hun ikke har formået at tage kemiens inkorporering i hverdagen til sig, på trods af lærerens ord.

Petras udtalelse om, at fysik var mere visuelt end kemi, undrede mig, så jeg spurgte ind til dette punkt.

Helena, " Men vi havde da sådan nogle tegninger af atommodeller og molekyler og sådan noget..." 00:57.2

Petra, " Men man ved jo ikke, hvordan det ser ud altså virkeligt... Ja, jeg ved det ikke, det er bare (pause) ganske svært (lidt latter fra Petra)." 01:04.1 ... (SI P 3.juni, 2009, 0:00:57.2-0:01:57.1)

Her ler Petra. Det kunne være, fordi hun igen ser en kontrast. Denne gang er kontrasten imellem, at hun er blevet præsenteret for tegninger og at hun alligevel holder fast i, at man ikke ved, hvordan det

ser ud. At hun i hvert fald selv indser, at der er en kontrast understøttes af, at hun siger, "Ja, jeg ved det ikke".

Men Petras klasse var også blevet præsenteret for fysiske 3-D modeller. Dette kommer hun ind på i det nedenstående citat.

Petra, "Jo men jeg synes også, at når man sådan...at når du stod og forklarede forsøg og viste ting, altså når man så det visuelt, så er det meget nemmere, hvis vi for eksempel så, hvad hedder de, der er lavet af alle de der molekyler?"

0:04:36.5

Helena, "Molekylmodeller"

Petra, "Ja, fx. når man så, hvordan en diamant, eller hvad var det nu det var, så ud"

Helena, "Når jeg viste dem (Petra, "ja") for jer på klassen"0:04:55.4

Petra, " Så kunne det godt være lidt nemmere, men stadigvæk, så er det bare så... småt(stigende tonefald). Det er så lille(betones), mikroskopisk det hele, så man ved ikke, hvordan det ser ud i virkeligheden, jo. "0:04:56.8 (SI P 3.juni, 2009, 0:04:36.5-0:05:14.4)

Petra udtaler, at det er "meget nemmere", når der bruges molekylmodeller, men når hun skal til at udtale sig om hendes egen forståelse, siger hun kun "lidt nemmere", og hendes manglende forståelse står "stadigvæk" tilbage, og kan aflæses i hendes betoning og brugen af vendingerne "så småt" og "så lille mikroskopisk det hele". Derfor konkluderes, at selv om hun er blevet præsenteret for fysiske 3-D modeller, har det ikke rokket ved hendes manglende forståelse af det partikulære niveau. Det efterfølgende afsnit vil indkredse enkelte karakteristika ved denne manglende forståelse, som kommer til udtryk i de tre foregående citater.

I det første citat siger hun, " man kan ikke se eller mærke". Hun mangler et sanseindtryk af det partikulære niveau, specielt efterlyser hun i citat to og tre at se niveauet, som det ser ud i 'virkeligheden'. Jeg formoder at dette og udtrykket "virkelighedsfjernt", som bruges i det første citat, udtrykker, at hun har brug for *konkrete* og *sanselige* eksempler på det partikulære niveau, så hun kan komme i gang med den erkendelsescirkel og begynde at opbygge hendes egne mentale modeller af det partikulære niveau. Man kunne spekulere på, om det ikke blot er et spørgsmål, om at hun skal forholde sig til bogens og mine forklaringer, men følgende citat peger i en anden retning.

Helena, "... Selv om du kunne forstå noget af det, når du havde lavet rapporten, var det så stadigvæk sådan, jamen det er jo bare så småt? 0:02:20.0

Petra, " Ja, når man har arbejdet med en rapport i mange timer, så kommer man selvfølgelig til at forstå meget mere af det, men stadigvæk man kan ikke se det for sig. Man kan godt læse det og forstå det, man læser, men for mig vil det bare aldrig komme til at ..." (SI P 3.juni, 2009, 0:02:20.0-0:02:56.5)

Her siger hun, at hun netop har læst og forstået, men alligevel ikke har fået en forståelse. Så forståelsen, som hun efterlyser, går ud over en begrebsmæssig forståelse. Måske er det en anden

forståelse end den begrebsmæssige, som hun efterlyser, hvilket peger mere mod den strukturelle analogi end mod de polære begrebspar. Hun vil kunne 'se det for sig', hvilket er et udtryk, man vil bruge for en intuitiv forståelse.

Delkonklusion

Således karakteriseres den forståelse, som hun efterlyser, af, at den er baseret på konkrete sanseindtryk, at den er visuel, og at den går ud over en begrebsmæssig forståelse. Hun har ikke en oplevelse af det partikulære niveau, som gør, at hun kan udvikle hendes mentale modeller, og på den måde komme i gang med erkendelsescirkelen. I næste afsnit bliver der fokuseret på, hvad der karakteriserer den forståelse, mine nuværende elever har fået ved arbejdet med animationerne.

Nuværende elevers udtalelser efter de havde arbejdet med animationer

I gruppeinterviewet med Casper og Lars fremkom følgende interessante udtalelser,

Helena, "Men jeg tænkte først, at jeg ville spørge jer: Hvad husker I bedst fra jeres pararbejde, fra de to halve timer, som det drejede sig om?" 0:02:13.8

Casper laver kysselyd.

Lars, "Animationerne tror jeg." 0:02:21.0

(...)

Helena, "Hvorfor?"

Casper, "Det var det, vi skulle arbejde ud fra." 0:02:28.9

Helena, "Ja..."

Lars, "Jeg tror også, det gør det lidt nemmere at huske det, hvis man ser, hvad det er, der sker." 0:02:34.1

Casper, Ja"

Lars, "I stedet for bare at have det på papir"

Lars, "Så kan man bedre se det for sig" 0:02:41.6

Helena, "ja... (...)... 'så kan man bedre se det for sig'?"

Lars, "Ja, det synes jeg." 0:02:48.1

Helena, "Hvad mener du med 'se det for sig'?"

Lars, "Det ved jeg ikke"

Casper, "Du får at vide, at den afgiver det og den optager det, så kan det godt være, at man har lidt svært ved at forestille sig det, når man så får nogle billeder på, så kan det være, at det hjælper lidt på fantasien." 0:02:54.3

(SGI C og L 5.maj, 2010, 0:02:13.8-0:03:06.9)

Lars siger, at man kan "se det for sig", og når han ikke kan uddybe, hvad han mener med det udtryk, træder Casper til. De står altså begge to inde for dette udtryk, som må stå for en viden med en visuel dimension. Casper omtaler fantasien, således kan denne viden være forbundet med ens evne til at forestille sig noget.

I den sidste sætning modstiller Casper den viden, han får fra billederne med den viden, som formidles via ord. Det er den viden, som kommer fra det visuelle indtryk, som medfører at han kan 'se det for sig'.

Således har Casper og Lars fået en kognitiv tilgang, som er baseret på konkrete, visuelle indtryk og ikke på ord.

Eriks udtalelser giver også fingerpeg om arten af den viden, som de har fået fra animationerne.

Erik, "(...) her, da virkede det nærmest som, at sådan at kunne det være. Altså selv om vi ikke kan se det, fordi det er på det (partikulære) niveau, så kunne det være noget, som faktisk skete. Som om det var noget, der skete i virkeligheden (...)" 0:07:35.2

Helena, "Du siger, 'det var noget, der var sket i virkeligheden'." 0:08:04.5

Erik, "Ja, sådan noget. Det er nogen gange svært, at sætte sig ind i, hvad er det, der sker, når der sker reaktioner. Fordi man ikke kan se for sig, hvordan det skulle hænge sammen. I hvert fald tror jeg for mange gymnasieelever, for de har ikke arbejdet så meget med det, som I lærere har." 0:08:08.1

Helena, "Ja (let latter)"

Erik, " Så på den måde synes jeg, at det er godt, at man får den visualisering og man får lov til at se, okay...det er faktisk, sådan det hænger sammen, i stedet for at man selv skal sidde og tænke, hvordan ville det se ud, hvis det nu, altså hvordan ser det ud, når det sker, at så får vi ligesom en, det er nærmest som en lille video, sådan en animation. 0:08:30.0(SI E 4.maj, 2010, 0:07:35.2-0:08:50.5)

Den første sætning viser, at Erik på et eller andet plan er bevidst om, at animationen er en model af virkeligheden. Men senere siger han " man får lov til at se, okay...det er faktisk, sådan det hænger sammen, i stedet for at man selv skal sidde og tænke, hvordan ville det se ud(...)". Denne dobbelthed i hans udtalelser tolker jeg som om, at han får et sanseindtryk, så det bliver nemt for ham at forestille sig, hvorledes det sker. Dette sanseindtryk er så tydeligt, at han ligestiller det med de visuelle indtryk,

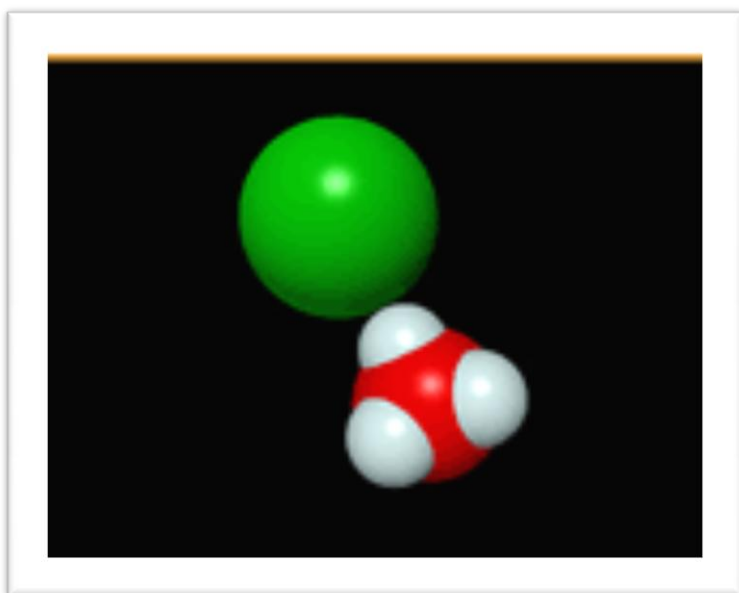


Fig. 11. HCl efter det lige har afgivet en hydron til vandmolekylet.

som han får fra den makroskopiske verdens konkrete begivenheder. Denne tolkning understøttes af, de to gange, han bruger ordet 'faktisk', som i denne sammenhæng ligger tæt op ad ordet 'fakta'. Desuden understøttes det af, at han siger om animationen "det er nærmest som en lille video", fordi videoer ofte er en optagelse af en konkret virkelig begivenhed.

Så jeg konkluderer, at Erik har fået så tydelige sanseindtryk fra animationerne, at han sammenligner disse sanseindtryk med de sanseindtryk, han får fra at iagttage konkrete hændelser. Han mener, at dette gør det nemmere for ham at forestille sig, hvad der sker.

Otelias udtalelser peger på det samme som de tre andres. Derfor bliver de ikke analyseret i dette afsnit.

Delkonklusion , som opsummerer forskellen på den tidligere elevs og nuværende elevs mentale modeller

Min tidligere elev gav udtryk for, at hun ikke havde opbygget mentale modeller af det partikulære niveau, idet hun ikke kunne forholde sig til det. Hun efterlyste konkrete visuelle sanseindtryk, så hun kunne komme til at 'se' det partikulære niveau for sig.

Mine nuværende elever, som har arbejdet med animationer, har fået visuelle sanseindtryk, som er så tydelige, at de kan 'se' det partikulære niveau for sig. Disse sammenlignes med de sanseindtryk, som kommer fra at iagttage konkrete hændelser. Jeg mener, at dette berettiger til, at animationerne kan klassificeres som 'virtuelle' begivenheder eller eksperimenter. Når de er begivenheder, kan eleverne bruge dem til komme i gang med erkendelsens cirkelbevægelse, som Kelly beskriver. Hvilket forklarer opbygningen af mentale modeller.

I elevernes indirekte redegørelse for deres mentale modeller lægger de vægt på, at de kan se noget for sig. Dette tyder mest på, at deres mentale modeller består af en strukturel analogi.

En elevs udsagn om fremgangsmåde ved besvarelsen af prøven.

Sammenligningen af elevernes prøve før og efter brugen af animationer viste, at eleverne var blevet markant bedre til både at fokusere på stoffernes opbygning og den omdannelse, som reaktionen symboliserer.

Erik blev interviewet to en halv time efter, at klassen havde fået prøven, så jeg tog hans besvarelse frem og spurgte ham om hans fremgangsmåde, da han besvarede spørgsmålene til prøven. Hans svar er meget interessant.

Erik, "Ja...Jeg kan godt huske ting, men at skulle forklare dem. Altså de ligger derinde, og man kan sådan se det for sig, men at formulere det, så man selv synes, at det lyder godt. Det er ikke altid helt let. Men jeg gik jo bare sådan, kikkede på reaktionen, og så prøvede jeg at følge det, der skete, eller det der sker i reaktionen. Og det samme med syre, der tænkte jeg, hvad er det der karakteriserer den? Det var, at det var så tydeligt, at det er syren, der afgiver den H⁺ ion. Og så basen, det er den, der optager den H⁺ ion, der er afgivet. Ja, det husker jeg. Jeg tror også primært, det er fra de animationer, og så fra man

læser det. Derfor så forstår man det, men at der så kommer det ekstra 'level' på, med den animation, det gør det godt, synes jeg. Sådan lige til at få det til at synke lidt dybere ind." 0:12:24.3

(SI E 4.maj, 2010, 0:12:24.3-0:13:29.0)

Erik udtaler, " Men jeg gik jo **bare** sådan, kikkede på reaktionen, og så prøvede jeg, at **følge det der skete**, eller det der sker i reaktionen." Ordet 'bare' indikerer, at han nu synes, det er nemt at redegøre for reaktionsskemaet. Dernæst bruger han udtrykket 'følge det der skete'. Dette udtryk bruges, når man iagttager interaktionen imellem nogle mennesker eller en proces af en eller anden slags. Han er således helt klar over reaktionens dynamiske karakter. Han mener selv, at dette skyldes animationerne, "Jeg tror også primært, at det er fra de animationer", men nævner også læsning af lektierne.

Før klassen arbejdede med animationerne, har de nok læst lige meget eller lige lidt på lektien, som under og efter arbejdet med animationerne, så jeg mener ikke, at det er lektielæsningen, som har givet dem en markant bedre forståelse af den partikulære virkelighed, som reaktionsskemaet symboliserer. Derfor må det **nødvendigvis** være animationerne, som gør forskellen. Derved ikke sagt, at eleverne ikke kunne opnå denne forståelse på anden vis, men i dette tilfælde er det arbejdet med animationerne, som har givet dem forståelsen.

Ud fra Eriks udtalelse er det også muligt igen at karakterisere den viden, der skabes igennem arbejdet med animationerne. Han taler om, "at der så kommer det ekstra 'level' på, med den animation". Dette tyder på, at det er en viden på et andet niveau end den viden, han får ved at læse i kemibøgerne. Erik fortsætter med at sige, "Sådan lige til at få det til at synke lidt dybere ind". Han fornemmer, at denne viden ligger på et dybere plan, hvilket passer godt med, at jeg i foregående afsnit karakteriserede den som intuitiv. Men han bruger også udtryk, som tyder på kombinationen af polære begrebspar. Disse vender jeg tilbage til senere. Nu skal der fokuseres på den 'strukturelle analogi'.

Da mentale modeller forstået som 'strukturelle analogier' blev introduceret, blev de 'strukturelle analogier sat i modsætning til en 'detaljeret visuel gengivelse' og 'symbolmanipulation'. Kan den mentale model, eleverne konstruerer, bedst beskrives som 'strukturel analogi', 'detaljeret visuel gengivelse' eller 'symbolmanipulation'? Eleverne giver ikke udtryk for symbolmanipulation, så den mulighed kan afvises. Men i de foregående citater har eleverne talt meget om, at de kunne 'se' det for sig. Så det er et spørgsmål om det, de ser for sig, er en 'strukturel analogi' eller en 'detaljeret visuel gengivelse'. Jeg spurgte ikke ind til, hvor mange detaljer Erik kunne se. Imidlertid bruger eleverne deres viden på et ukendt reaktionsskema, så hvis de ser et detaljeret billede for sig, er de er nødt til som et minimum at kunne udtrække strukturelle analogier fra det. Ellers ville de ikke kunne bruge deres viden på en ukendt situation. En nærlæsning af ovenstående citat af Erik indikerer, at han i hvert fald har struktureret sin viden. Derfor virker beskrivelsen af den mentale model som en 'strukturel analogi' plausibel. Men der var to definitioner af mentale modeller, den sidste mangler at blive belyst.

Mentale modeller blev også defineret som 'en kombination af polære begrebspar'. Eriks udtalelser kan også belyse disse. Han sagde, " Og det samme med syre, der tænkte jeg, **hvad er det der karakteriserer den?** Det var, at det var så tydeligt, at det er **syren**, der afgiver den H⁺ ion. Og så **basen**, det er den, der **optager** den H⁺ ion, der er **afgivet**". Her er det tydeligt, at han i sin arbejdsgang

benytter sig af det polære begrebspar **syre-base**, hvis polaritet uddybes med det polære begrebspar **optager-afgiver**. struktureret sin viden i polære to begrebspar.

Delkonklusion

En nærmere analyse af elevudsagn angående fremgangsmåden ved prøven tyder på, at de mentale modeller indeholder både 'strukturelle analogier' og 'polære begrebspar'.

I dette ovenstående afsnit er der et eksempel på, at Erik bruger polære begrebspar i sin fremgangsmåde, da han besvarede prøven. I det næste afsnit analyseres andre elevers besvarelser af prøven mht. tegn på anvendelsen af polære begrebspar.

Tegn på anvendelsen af polære begrebspar i besvarelsen af den sidste prøve

Elevernes svar på prøven findes i bilag 14 og 15. Der er klare indikationer af, at eleverne strukturerer syre-base området ud fra polære begrebspar både før og efter, de har haft timerne indenfor syre-base området, men der er mange flere polære begrebspar i spil efter gennemgangen. Det mest markante bevis på den polære struktur findes, når man sammenligner strukturen af svarene på spørgsmålet "Hvad karakteriserer en syre?" med svarene på spørgsmålet "Hvad karakteriserer en base?". Før gennemgangen af syre-base teorien strukturerer 46 % af eleverne deres svar på samme måde, og efter arbejdet med animationerne strukturerer 96 % af eleverne deres svar på samme måde. Der er således en tydelig polær struktur i den tekst, de producerer, hvilket tyder på, at de har tænkt ud fra en kombination af polære begrebspar.

Interessant nok findes den polære struktur også i elevernes fejl. Jeg har udvalgt to af elevernes svar og stillet dem op i nedenstående skema. Formuleringen af svarene er uændret, men indenfor hvert svar har jeg markeret de polære begrebspar med samme farve.

	Spørgsmål	
Respondent	1.2 Syrer Hvad karakteriserer en syre?	1.3 Baser Hvad karakteriserer en base?
Muhammed	Syren afgiver ioner og jo mere sur den er jo mere afgiver den. En syre er sur. Syren er også farligere end basen.	Basen tager imod ioner jo mindre den er jo mere afgiver den. En Base er sød.
Richard	Den har en pH værdi under 7 og afgiver nemt sine H ⁺ ioner / hydroner. Den optager ikke særlig nemt hydroner, men giver dem hellere væk, derfor bliver neutraliseret af basen.	En base har en pH værdi over 7 og har svært ved at afgive H ⁺ ioner /hydroner. Den optager nemmere hydroner end syren og neutraliseres derfor også af den. Base bruges i bl.a. sæbe og afløbsrens. Sæbe er dog kun svagt basisk.

Muhammed har karakteriseret en syre som sur. Åbenbart kender han ikke betegnelsen basisk, og vælger derfor at anvende det polære begrebspar, som sur tilhører i hans bevidsthed. Derfor bliver

basen betegnet som sød. Selv udsagnet ”syren er også farligere end basen” kan tolkes som refererende til et polært begrebspar, idet det uddyber polen farlig i begrebsparret farlig-sikker.

Richard angiver fejlagtigt, at en base har svært ved at afgive sine H^+ ioner/hydroner. Han har ikke forstået, at den optager H^+ ioner, men hvis man har polære begrebspar, som en baggrund for at forstå hans udtalelse giver den mening. Han har uddybet polariteten i begrebsparret syre-base ved at koble det med det polære begrebspar nemt-svært.

Delkonklusion

En analyse af elevernes prøvebesvarelse tyder på, at deres mentale modeller indeholder kombinationer af polære begrebspar.

Delkonklusion for afsnittet: Ændringer i mentale modeller på grund af arbejdet med animationerne

Min tidligere elev gav udtryk for, at hun ikke havde opbygget mentale modeller af det partikulære niveau, idet hun ikke kunne forholde sig til det. Hun efterlyste konkrete visuelle sanseindtryk, så hun kunne komme til at ’se’ det partikulære niveau for sig. Arbejdet med animationerne gav mine nuværende elever det, som hun efterlyste.

Mine nuværende elever har fået visuelle sanseindtryk, som er så tydelige, at de kan ’se’ det partikulære niveau for sig. Det visuelle sanseindtryk kan således sammenlignes med de visuelle sanseindtryk, som kommer fra at iagttage konkrete hændelser. Jeg mener, at dette berettiger til, at animationerne kan klassificeres som ’virtuelle’ begivenheder eller eksperimenter. Når de er begivenheder, kan eleverne bruge dem til komme i gang med den erkendelsesmæssige cirkelbevægelse, som Kelly beskriver. Hvilket kan forklare opbygningen af mentale modeller.

Analysen af interview og prøvebesvarelse indikerer, at elevernes mentale modeller indeholder både ’strukturelle analogier’ og ’polære begrebspar’. Således var det godt, at den todelte definition af mentale modeller blev bibeholdt.

Nu er det blevet konstateret, at eleverne har opbygget mentale modeller og disse er blevet karakteriseret. I det efterfølgende vil vi se på de faktorer, som har påvirket opbygningen af elevernes mentale modeller.

Kontrasten imellem elevernes forståelse af elementer, som de har arbejdet med ud fra animationerne og elementer, som de har arbejdet med ud fra en traditionel præsentation

I den afsluttende prøve nævnte 92 % af eleverne hydroner eller H^+ , da de skulle karakterisere en base, mens der kun var 4 % af eleverne, som nævnte ikke-bindende elektronpar – se bilag 15. En meget markant forskel på de to er, at hydroner vises i animationen, mens ikke-bindende elektronpar ikke gør. Da de bindende elektronpar er en nødvendig betingelse, for at et stof er en base, og jeg på spørgsmålsarket havde lagt op til, at de arbejdede med ikke-bindende elektronpar, er dette en slående kontrast.

De efterfølgende uddrag fra interviewet belyser, hvorfor eleverne undlader at nævne de ikke-bindende elektronpar i prøven.

Erik, "(...). Men jeg tror, at det som måske var sværere for os, det var, at når vi så skulle, hvad hedder det... de der frie elektronpar, det havde vi så ikke lige tænkt over, men det tror jeg også, det ville være sværere at skulle få det ind i historien, end det er bare generelt, at der er ligevægt. (...)" 0:19:23.7

Helena, " Så...hvilken forestilling har du om de frie elektronpar?" 0:20:30.9

Erik, "...Ja, men jeg tror, altså det er bare... det er sådan jeg (uforståeligt), det er sådan, de er jo dem, der svæver sådan, de er jo ikke bundet til noget. Så de svæver sådan... ikke, man kan sige frit omkring, men rundt omkring, de... syren og basen, og jeg tror sådan, jeg ved ikke sådan hvordan jeg skal forklare det. Men det er bare noget, der sådan, det er ikke noget der sådan er bundet til hverken syren eller basen....æhm ...(Helena, "ja") ...Ja" 0:20:37.7 (SI E 4.maj, 2010, 0:19:223.7-0:21:10.3)

Erik siger, at det frie elektronpar er sværere at få ind i historien end ligevægten, hvilket undrer mig, så jeg spørger ind til hans forestilling om det frie elektronpar. Hans svar findes i de sidste 6 linjer af ovenstående citat. Det er meget dårligt formuleret, fx optræder ordet 'sådan' syv gange. Jeg konkluderer, at det er fordi, han er usikker på sin forståelse af frie elektronpar. Dette understøttes af, at han både siger, at de frie elektronpar svæver rundt omkring syren og basen, og at de ikke er bundet til hverken syren eller basen. Den gruppe, Erik var med i, endte også med helt at undlade de frie elektronpar i deres historie. I lyset af denne manglende forståelse er det forståeligt, at de ikke nævner frie elektronpar i prøven.

I interviewet med Lars og Casper udtaler de sig også om det frie elektronpar i forbindelse med udformingen af historien..

Helena, "Hvordan oplevede I så det at lave historien? 0:45:17.0

... (..)

Lars, "Også lige det med hvordan man skulle få flettet de ikke-bindende elektronpar med ind. Det var også lidt svært"

0:45:45.7(SGI C og L 5.maj, 2010, 0:45:17.0-0:45:45.7)

Lars og Casper havde også haft problemer med at få de ikke bindende elektronpar inkluderet i deres historie. Det var dog lykkedes for dem, men da de diskuterer historien med en anden gruppe, udspiller der sig nedenstående dialog.

Casper, "Er der noget med ikke-bindende ioner, nej, hvad hedder det ikke - bindende elektronpar i historien (den anden gruppes historie)?0:48:44.3

Erik, " Ikke i historien. Det vil jeg give dig ..."

(...)

Erik, " Det er der (heller) ikke noget af i jeres, så vidt jeg ved" 0:49:15.2

Casper," Nej (Han ler) 0:49:17.1(CAM C og L 27.april, 2010, 0:48:44.3-0:49:20.4)

De fremhæver ikke deres inddragelse af de ikke-bindende elektronpar, og Casper siger, "Nej", når han bliver stillet et direkte spørgsmål desangående.

Jeg spørger ind til dette i det semistrukturerede gruppeinterview.

Helena, "Men jeg synes, da ikke I havde ikke-bindende elektronpar i jeres historie, overhovedet?" 0:32:43.4

Helena ler.

Casper, "Var det vennerne?"

Lars, "Det var vennerne"

(...)

Lars, "Jeg forstod det ikke helt." (SGI C og L 5.maj, 2010, 0:32:43.4-0:32:54.8)

Casper, som primært havde ført ordet i diskussionen med den anden gruppe, spørger Lars, om det var vennerne, som var de ikke-bindende elektronpar. Dette må betyde, at Casper var i tvivl. Lars ved, at det er vennerne, og indrømmer dernæst, "Jeg forstod det ikke helt." Dette udsagn kan tolkes som, at han slet ikke har forstået det, men ikke vil indrømme det overfor læreren; men det kan også tolkes som om, at han har en uklar forståelse, som indeholder modstridende elementer ligesom Erik's.

Både Erik, Casper og Lars havde uklare forståelser af det ikke bindende elektronpar, så de undlod at inddrage ikke-bindende elektronpar i deres besvarelse af den afsluttende prøve. Dette tolker jeg som, at de ikke har opbygget en mental model af ikke-bindende elektronpar. Jeg mener ikke, at det ikke bindende elektronpar skulle være væsentligt sværere for eleverne at forstå end hydronen, fordi vores grundbog fokuserer på disse, når molekylers form forklares (Bruun, Jensen, Munthe, & Jensen, 1999, s32f), og jeg har tidligere på året ladet eleverne arbejde en del med dette.

Delkonklusion

Den væsentlige grund, til at eleverne har opbygget mentale modeller af hydronerne og ikke af de ikke-bindende elektronpar, er, at de har arbejdet med animationer af hydronerne og ikke med animationer af de ikke-bindende elektronpar. Arbejdet med animationerne må have hjulpet dem til at komme i gang med Kellys erkendelsescirkel, så de kunne opbygge mentale modeller.

Det didaktiske design er afgørende.

Ud fra ovenstående er det fristende at blive teknologifikseret og negligere det didaktiske design, når animationerne har virket så godt.

Men Erik nævnte ikke indholdet af de animationer, som klassen havde set i løbet af året. Da han omtalte dem, fremhævede han, at han sad langt fra skærmen, og det gik meget stærkt (SI E 4.maj, 2010, 0:27:31.7-0:28:04.3). Otelia kunne huske en af de animationer, vi havde set på klassen, men det var den, som hun havde arbejdet med i et efterfølgende projektarbejde. Professor Roy Tasker, som har forsket netop i brugen af animationer i klasseundervisningen, gør meget ud af, at det didaktiske design skal give rum for, at eleverne kan gennearbejde animationerne. Ellers får animationerne kun en begrænset effekt ifølge ham (Tasker & Dalton, 2008).

Betydningen af lærerdefinerede opgaver.

Eleverne skulle arbejde med animationerne ud fra et spørgsmålsark – Se bilag 9. Spørgsmålene var formulerede ud fra et ønske om at hjælpe eleverne til at fokusere på det vigtige og for at hjælpe eleverne til en arbejdsgang, hvor de hele tiden skulle veksle imellem forskellige modes, og oversætte symboler fra en mode til en anden, idet denne transformation i følge Gunther Kress skulle give læring (Kress et al., 2001, s6). I spørgsmål 1 skulle de udtrække informationer fra videoen og gengive dem på skrift både på dansk og med det kemiske symbolsprog. I spørgsmål 3 skulle de lave en skitse af en reaktion, så den havde form som en historie; altså en transformation fra en visuel mode til en anden. I spørgsmål 4 skulle de kommunikere med en anden gruppe, og således transformere historien fra en skitse til det talte sprog. I spørgsmål 8 skulle de selv lave et reaktionsskema og dernæst se om det passede med animationen. Denne gang tog de udgangspunkt i det kemiske symbolsprog og sammenholdt det med animationen. Desuden var der spørgsmål, som strukturelt lignede de foregående, så eleverne kunne gentage en operation, og der var spørgsmål (fx 5 og 6), som krævede at eleverne trak på det, de havde lært i de foregående spørgsmål, så de kunne danne sig et overblik.

Prøven viser, at det er lykkedes for eleverne at tilegne sig de basale kvalifikationer, som de har arbejdet med, og jeg tror det skyldes den stramme lærerstyring, som de detaljerede spørgsmål lægger op til. Her støtter jeg mig til Qvortrup(2001, s135), som mener, at kvalifikationer bedst indlæres ved en direkte læringsstimulering. Dette spørgsmålsark er et eksempel på direkte læringsstimulering, hvor eleverne har mulighed for at være mere aktive end i den traditionelle klasseundervisning, som er et andet eksempel på direkte læringsstimulering.

Nu følger en analyse af Lars og Caspers beskrivelse af deres arbejdsproces, da de arbejdede med animationerne.

Arbejdet med animationerne og erkendelsescirkelen

En arbejdsprocedure, som leder ind i erkendelsescirkelen.

Lars og Casper har lige set videoptagelsen (VID C og L 27.april, 2010) fra deres arbejde med spørgsmål 1, hvor de brugte animationen til at rette en fejl .

Helena stopper videobåndet ved 0:07:15.4 og spørger ind til konkrete ordvekslinger.

Helena, " Nu er det sådan at I.. Først sagde I, at H var rød og så fandt I ud af: nej, det ikke var tilfælde (Casper, "Ja") Hvordan fandt I ud af det?" 0:05:37.1

Casper, "Jeg tror det var mig, der tog en forhastet beslutning (meget let latter), og så kunne jeg lige se, at altså..." 0:05:48.1

Casper, "Jamen, hvordan fandt du (Lars) ud af det? (Casper ler, for det var jo Lars og ikke ham, som havde opdaget fejlen) 0:05:55.4

Lars, "Det ved jeg faktisk ikke, jeg tror bare, jeg sad og kikkede på reaktionen og så bagefter på animationen, og så ser jeg, hvordan foregik." 0:05:59.4

Helena, "(...), hvad for en reaktion kikkede du på? 0:06:12.1

Lars, "Da der stod sådan en nede på papiret(spørgsmålsarket), og så bare animationen der, hvor vi så skulle angive hvad for nogle der var hvad, og så kunne jeg altså bare regne ud, hvad der var hvad." 0:06:17.7

(...)

Helena, "Der er jo ikke noget reaktionsskema på papiret endnu." 0:06:58.7

Casper, "Nå det er sådan jeg husker det"

(...)

Helena, "I har ikke lige et bud på det..."

Casper, "Det er vel fordi der var tre H'er...Var der tre af de røde og..?"

Lars, "Der var tre hvide" 0:07:53.7

(...)

Casper, "Jo, men det var vel også, at vi vidste, det er basen, den vil optage en H⁺, så når det var en hvid, der blev fjernet, så kunne vi jo næsten også regne ud, at det var et H, der så var, måtte være hvid." 0:08:01.4

(SGI C og L 5.maj, 2010, 0:05:37.1-0:8:19.9)

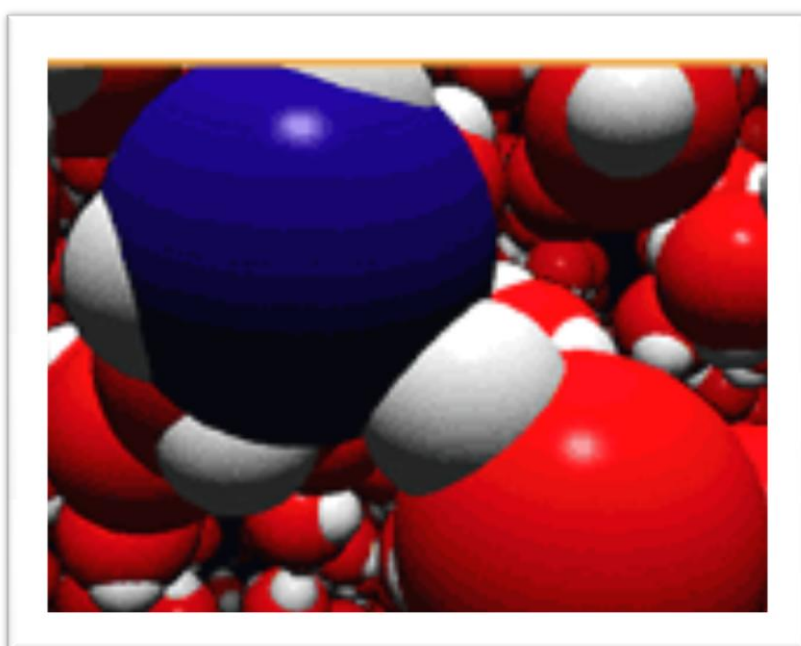


Fig. 12. Ammoniakmolekylet er ved at modtage en hvid hydron fra vand.

Casper har foretaget en forkert sammenkædning af farve og grundstof og bliver rettet af Lars. Jeg spørger ind til, hvordan de fandt ud af det, og Lars svarer, "Da der stod sådan en (reaktion) nede på papiret (spørgsmålsarket), og så *bare* animationen der, hvor vi så skulle angive, hvad for nogle der var hvad, og så kunne jeg altså *bare regne ud*, hvad der var hvad." Han siger således, at de sammenholder animationen og det kemiske symbolsprog og kan ræsonnere derudfra. Ordet 'bare' kunne angive, at de synes, dette var enkelt. Men de havde **ikke** en reaktion på deres papir på det tidspunkt, så fejlen kan ikke være blevet rettet på den måde. I lyset af det skal replikken tolkes på en anden, men ikke mindre interessant måde. I den foregående replik, havde Lars sagt, "Det *ved jeg faktisk ikke*, jeg *tror* bare, jeg sad og kikkede på reaktionen og så bagefter på animationen, og så ser jeg, hvordan det er, det foregik." Ved at bruge ordene 'ved ikke' og 'tror' har han været ærlig og sagt, at det efterfølgende blot er en formodning. Men denne formodning må han jo bygge på noget. Jeg formoder, at det skyldes, at deres arbejde med spørgsmålsarket *generelt* har indeholdt en sammenholdelse af reaktionsskemaer og animationerne og et ræsonnement derudfra. Dette understøttes af, at de i citatet ovenfor anfører to andre måder, hvorpå de kunne have rettet fejlen: Ved at sammenholde antalsangivelsen i det kemiske

symbolsprog med farven og ved at ræsonnere ud fra definitionen på en base. Måske er det ikke den måde, de har rettet den aktuelle fejl på, men ved at de henviser til en logisk sammenholden af det kemiske symbolsprog og animationen som en måde, fejlen kan rettes på, viser de, at de på grundlag af deres arbejde med animationerne har oparbejdet en tilgang til stoffet, hvor de tester deres hypotese mod den virtuelle begivenhed og dernæst reviderer deres opfattelse. Det er en del af den erkendelsesmæssige cirkelbevægelse som Kelly peger på. De har således oparbejdet en problemløsende procedure, som bringer dem igennem erkendelsescirkelen. Der er tre andre steder på optagelserne, hvor man kan se, at Casper og Lars retter deres fejlopfattelser. I samtalen ud fra en af dem er det meget tydeligt, at Casper gennemløber erkendelsescirkelen. (SGI C og L 5.maj, 2010, 0:17:13.2-0:17:36.9)

Den konsultative interaktivitet

I det ovenstående er der en faktor, som har været underforstået: Eleverne har mulighed for at gentage animationerne, og de har gjort det. Ved besvarelsen af det første spørgsmål i tidsrummet 00:01:55.7-00:09:48.9 (CAM C og L 26.april, 2010) ser de animationen af reaktionen imellem HCl og vand 8 gange, så de har forstået at udnytte den konsultative interaktivitet (Jensen, 1997).

Delkonklusion

Konklusionen er, at når arbejdet med animationerne styres ved spørgsmål, som sammenholder det symbolske niveau med animationerne, udnytter eleverne den konsultative interaktivitet og gennemløber erkendelsescirkelen mange gange. Herigennem opbygger de en problemløsende procedure. Dette må være en af årsagerne til, at de har udviklet mentale modeller.

Nu vil fokus blive rettet mod at producere tegn

Arbejdet med at producere tegn

Kress mener, at læringen foregår, når eleverne producerer tegn. I det efterfølgende er der en Kress-inspireret analyse af en tekst, som Otelia producerede, da hun arbejdede med spørgsmålsarket.

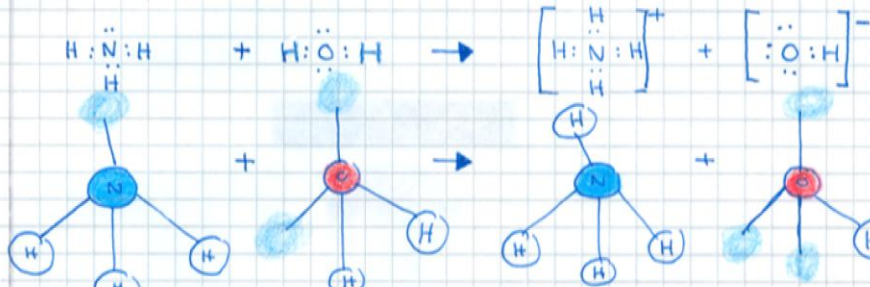
Arbejdet med at formulere en historie om en syre-base reaktion

En analyse af Otelias besvarelse af spørgsmål 2 og 3.g. Besvarelsen ses i figur 13.

Spørgsmålene lød:

- "2. Lav selv en skitse af reaktionen, hvor I bruger elektronprikformler. I skal sørge for at man kan se, at der sker en omdannelse af stofferne, og at de ikke bindende elektronpars rolle fremtræder klart"
- "3.g, lav selv en skitse af reaktionen, hvor det har form som en historie. I skal sørge for at man kan se, at der sker en omdannelse og at det ikke bindende elektronpars rolle fremtræder klart."

skitse af reaktionen :



Reaktions historie:

The cartoon illustrates the reaction in four steps, each with a fish tank diagram and a stick figure's reaction:

- Step 1:** A fish tank labeled NH_3 contains four blue fish. A sad stick figure stands next to it. Text: "Drengen har fire fisk og vil gerne have en mere - da der er frit til en mere."
- Step 2:** A fish tank labeled H_2O contains one red fish. A stick figure is shown taking the red fish. Text: "Drengen tager i en fiskebutik for at købe en lille hvid fisk."
- Step 3:** A fish tank labeled HO^- contains one red fish. A stick figure is shown holding a small white fish. Text: "Drengen har nu fået en fisk og er på vej væk. tilbage i fiskebutikken er der nu kun to fisk tilbage og en masse plads."
- Step 4:** A fish tank labeled NH_4^+ contains five blue fish. A happy stick figure stands next to it. Text: "Nu har drengen fem fisk i sit akvarium."

Figur 13. Otelias besvarelse af spørgsmål 2 og 3g.

I figur 13 ses Otelias besvarelse. Den er karakteriseret ved at være meget overskueligt opbygget. Hun har formået at anvende det visuelle medium til at give et overblik.

Besvarelsen er lavet på ternet papir med to margener. Disse indrammer historien for oven og til venstre, dog brydes denne ramme af to elementer: En tynd bølget linje og tre pile. Den tynde bølgede linje står i kontrast til den lige margen og den ternede baggrund. Denne kontrast giver en meget tydelig adskillelse af de to spørgsmål, på trods af at de næsten står oven i hinanden. Betydningen af de tre pile behandles senere.

En analyse af besvarelsen af spørgsmål 2

Besvarelsen af det første spørgsmål er struktureret både horisontalt og vertikalt – Se figur 13. Horisontalt er den inddelt i rækker med hvert deres reaktionsskema. Den øverste række indeholder reaktionsskema, hvor tegnene er de mest abstrakte, mens den nederste række indeholder det reaktionsskema, hvor tegnene mest ligner den animation, eleverne så. I europæisk kultur står det øverste niveau i en horisontalt struktureret komposition for det ideelle, mens det nederste niveau står for det reelt eksisterende (Kress et al., 2001, s101f). Det er netop det nederste niveau, som forbinder reaktionsskemaerne til de animationer, som eleverne føler afbilleder virkeligheden, det som egentlig eksisterer. Spørgsmålet krævede ikke dette sidste reaktionsskema, hvor grundstoffernes farver svarer til animationens og 3-D strukturen er antydnet. Men ved at indføre det skaber eleverne en visuel sammenhæng med animationen og dermed også et overblik. Dette er åbenbart deres interesse.

Vertikalt er besvarelsen af det første spørgsmål struktureret, så identiske elementer er placeret under hinanden. Dette udviser forskellen imellem tegnene i en kolonne og formidler, at de alle står for samme begreb, på trods af at de tilhører reaktionsskemaer med forskellige repræsentative fokus.

Otelia siger (SI O 5.maj, 2010, 0:01:55.5), at de indførte dette reaktionskema for at få det til at passe sammen med animationen. Elevernes interesse har således været at skabe et overblik. Dette er i overensstemmelse med Kelly, som siger at menneskers processer har til hensigt at udbygge deres konstruktionssystem. Og det er i høj grad lykkedes for dem i besvarelsen af spørgsmål nr. 2.

I det øverste reaktionsskema er brugt overstregningstusch. Det gør det til en slags overskrift for siden, som alt det andet kan henføres til.

I besvarelsen af spørgsmål 2 stammer mange af de semantiske ressourcer fra kemiundervisningen. Dette ændrer sig, når de skal komponere en historie, hvor elementer fra hverdagen som fisk, køb og glæde konkretiserer reaktionsskemaet.

En analyse af besvarelsen af spørgsmål 3d.

I reaktionshistorien – se figur 13 - er der som ovenfor en vertikal og en horisontal struktur. Men til forskel fra det ovenstående udfolder historien sig oppefra og ned: Reaktionskemaet er vendt 90 grader i forhold til de tre øverste reaktionsskemaer.

Kress (2001, s101) foreslår, at pga aflæsning af data fra skærme har vi fået en ny kulturel kode for visuel komposition, hvor det som står øverst på siden repræsenterer det givne, mens det som står nederst repræsenterer det nye. Dette passer med den historie, som udfolder sig, hvor vi starter med et akvarium og en dreng, som mangler en fisk. Historien går igennem to mellemlid for at ende med en dreng, som har fået en ekstra hvid fisk. Denne tidsrækkefølge markeres af reaktionspilene, som er

meget dominerende, fordi de er placeret i marginen. Herved fremhæves, at det er en analogi af en kemisk reaktion. Denne måde at skildre handlingen er storyboard lignende. Ved produktionen af film bruges et 'frimærke', hver gang man skifter scene, og ved hver scene forklares klipning m.m.

Der er også her en meget tydelig vertikal struktur, idet de forskellige typer af tegn står under hinanden.

Forbindelsen til animationen og dermed reaktionsskema nr. tre tydeliggøres ved brug af farverne rød, blå og hvid, og ved at den relevante kemiske formel skrives i hvert led. Det atom, som afgiver eller modtager hydronen afbildes metaforisk som en *stor* fisk for at markere deres betydning (SI O 5.maj, 2010, 0:03:27.5-0:03:42.2). I kontrast dertil er metaforen for de bindende elektronpar spidsfindig, idet det er *pladsen* i akvariet. Men dette matcher den kemiske virkelighed, hvor en syre, som har afgivet en hydron, har plads til at optage en ny. Otelia skriver da også, "nu er der kun to fisk tilbage og en masse *plads*."

Selv ladningen er kommet med i historien, for i den sidste linje med den positive ammoniumion er drengen blevet glad. Otelia anvender den kulturelle kode, som siger, at noget positivt er godt.

De har brugt deres bevidste og ubevidste kendskab til de kulturelt bestemte regler for visuel komposition til at formidle mening, og samtidig har de inddraget elementer fra deres dagligdag, som bedst konkretiserer de abstrakte begreber, og dermed kommunikerer meningen. De har ikke blot genbrugt de tegn, som kulturen stille til rådighed, men transformeret disse ud fra deres interesse (Kress et al., 2001, s6 og 145ff)) med metaforer, som er i overensstemmelse med deres forståelse. Otelia siger, at hun har lært meget *ved* selv at lave en 'animation', fordi hun der var nødt til at forholde sig til reaktionsforløbet (SI O 5.maj, 2010, 0:04:23.8-0:06:28.2). Hvilket passer fint overens med, at Kress mener, at læring sker ved produktionen af tegn.

De tre andre interviewede elever lagde mere vægt på at det var svært at lave en historie snarere end på læringsudbyttet. I et tidligere afsnit er det påpeget, at de ikke forstod begrebet 'ikke-bindende elektronpar', og jeg konkluderede, at det skyldes, de ikke var afbildet på animationen. Det ville nok have været mere hensigtsmæssigt, blot at have bedt dem om at lave en historie, som omhandlede de begreber, som fandtes i animationen.

Men eleverne havde forskellige interesser, hvilket betød, at deres historier fik forskelligt fokus. Fx ønskede Eriks gruppe at konkretisere ligevægtsbegrebet, og deres historie var næsten udelukkende fokuseret på dette. Helt i tråd med at repræsentationen udspringer af individets interesse i et givet øjeblik, og de træk ved tingen, der i et givet øjeblik opfattes som centrale, fremstilles som om de gengiver hele tingen (Kress, 2007, s210) Mens Lars og Casper anstrengte sig meget for at finde tegn, som kunne kommunikere deres iagttagelse af, at hydronen var tiltrukket af både syren og basen (CAM C og L 27.april, 2010, 0:10:25.8-0:20:40.0), og jeg tror, at denne indbyrdes diskussion har udviklet deres kognitive potentiale (Kress et al., 2001, s6). Det er sandsynligvis også et af de elementer, som har udviklet elevernes mentale modeller.

Delkonklusion

Alle de interviewede elever har produceret tegn, når de har udarbejdet historien om en syre-base reaktion. De har taget tegnene både fra kemiundervisningen og andre områder. På grund af forskellige interesser og forskellig forståelse af begreberne har eleverne fokuseret på forskellige træk, som skulle

repræsenteres og udviklet deres viden indenfor forskellige områder. På grund af den transformation af tegn som produktionen af historien har krævet, har der været megen refleksion, og det er sandsynligt, at dette er et element, som har bidraget til deres udvikling af mentale modeller.

Par-samarbejdet

Casper og Lars gav udtryk for, at de havde været glade for par-samarbejdet, fordi de havde suppleret hinanden godt, så når den ene ikke kunne finde ud af det, så kunne den anden træde til. (SGI C og L 5.maj, 2010, 0:18:38.6-0:19:26.9). Da jeg så optagelserne fra arbejdet, var det også klart mit indtryk, at de hyggede sig *med arbejdet* på en anden måde end, hvis de havde arbejdet alene. Faktisk gav de udtryk for, at par-samarbejdet fungerede bedre end det sædvanlige gruppearbejde med 5-6 personer, fordi det ofte blev domineret af de dygtige, så gruppen kom igennem opgaverne, uden at alle forstod dem. (SGI C og L 5.maj, 2010, 0:21:58.5-0:23:29.7). Videooptagelserne viste også, at de gav hinanden anerkendelse under arbejdet med animationerne.

For bedre at forstå, par-samarbejdets betydning, ville det være oplagt at foretage en multimodal analyse ud fra Kress' teorier. Men derved ville opgaven blive for omfattende, så det undlades på trods af relevansen.

Delkonklusion

Par-samarbejdet har spillet en positiv rolle i elevernes arbejde med animationerne, og det ville være relevant at udforske par-samarbejdets betydning mere.

Visuelt arbejde ved pc-skærmen

Da jeg skulle afslutte interviewet med Casper og Lars, stillede jeg dem et åbent spørgsmål, og de drejede det hurtigt ind på de visuelle indtryk fra pc'en.

Helena, "Hvordan oplevede I det at arbejde med animationerne?"0:43:53.4

Casper, "Det var lidt sjovt" 0:43:56.7

Lars, "Det var lidt anderledes, end bare og sidde og se det på sort på hvidt ...0:44:02.1

Casper, "Ja jeg tror også, når man er vant til at sidde foran computeren og er vant til at se animation på nettet, så tror jeg det ligger mere til ens hverdag end at sidde og kikke ind i en bog. Jeg tror ikke, der er så mange mere, der sidder og kikker i bøger, når de kommer hjem ud over skolebøger. Jeg tror, det er bedre at relatere til deres cyberspace ...0:44:13.7

Helena, "Så du synes, at det relaterer mere til dig, når du bruger animationerne end, hvis du ser i en kemibog eller jeg skriver noget på tavlen? 0:44:38.5

Casper, "Ja"0:44:42.2 (SGI C og L 5.maj, 2010, 0 43:53.4-0:44:42.5)

Det visuelle arbejde ved pc'en var en velkommen forandring fra at "se det sort på hvidt". Casper relaterer det til, at unge er vant til at bruge Internettet, ja han bruger til og med udtrykket "deres cyberspace". Dette passer perfekt med følgende citat fra Kress:

"Tv's og films indbyggede muligheder for en multimodal repræsentationsmodus gør bøger og det trykte ord til noget fortidigt, for så vidt som de unge i dag til hver en tid vil vælge den form for formidling, der virker normalt for dem, og som de føler, giver dem mest." (Kress, 2007, s238)

Læring foregår ikke i et kulturelt tomrum. Ud fra kulturelt bestemte koder tyder vi tegn. I ungdomskulturen er der et visuelt fokus, og unge er trænet i at tyde visuelle tegn formidlet igennem pc'en. Dette kan være en af grundene til, at eleverne har fået opbygget mentale modeller indenfor syre-base området ved at arbejde med animationerne.

Diskussion af resultaterne af analysen

Mine nuværende elevers intuitive fornemmelse af det partikulære niveau blev sammenlignet med en af mine tidligere elevers opfattelse. Mine nuværende elever følte, at arbejdet med animationerne havde givet dem et visuelt indtryk, så de bedre kunne 'se' det partikulære niveau for sig. Der skal dog bemærkes, at denne sammenligning sker på et spinkelt grundlag.

Elevernes evne til at tolke det symbolske niveau ud fra det partikulære blev markant forbedret ved deres arbejde med animationerne. Definitionen af mentale modellers funktion medfører denne tolkning: Eleverne har dannet mentale modeller af det partikulære niveau ud fra deres arbejde med animationerne. Disse mentale modeller kan både beskrives som 'strukturelle analogier' og 'en kombination af polære begrebspar'.

Eleverne er vokset op i med en visuel digital informationsstrøm, som har skærpet deres evne til at afkode digitale visuelle tegn. Dette kan være en af grundene til, at eleverne omtaler deres sanseindtryk fra arbejdet med animationerne, som om det var en 'virkelig' begivenhed. På grund af elevernes udsagn betragter jeg animationerne som virtuelle begivenheder/eksperimenter. Sammenlignet med de eksperimenter, som eleverne udfører i laboratoriet, har de den fordel, at de kan gentages mange gange på grund af den konsultative interaktivitet. Interaktiviteten, kombineret med elevernes evne til at afkode visuelle tegn, medfører, at de kan gennemløbe Kellys erkendelsescirkel mange gange og dermed få opbygget mentale modeller af det partikulære niveau.

Det er ikke sikkert, at deres opfattelser af det partikulære niveau er korrekte, men arbejdet med animationerne får dem til at forholde sig til det partikulære niveau, så de selv producerer tegn og selv gennemløber Kellys erkendelsescirkel.

Andre faktorer, som på samme måde bidrager til opbygningen af de mentale modeller, er:

- Den direkte læringssimulering, som ligger i spørgsmålsarket.
- Elevernes arbejde med at lave en historie om en syre-base reaktion
- Par-samarbejdet
- Elevernes mulighed for at arbejde i deres eget tempo

I mit didaktiske design havde jeg taget udgangspunkt i Birgitte Holm Sørensens motivationelle læringsfaktorer: Handling, udfordring, reifikation, socialitet, præstation, selvtolkning og nydelse.

Eleverne har selv styret tempoet i deres gennemgang af spørgsmålene, og på den måde været mere styrende, end de er i den traditionelle klasseundervisning, så sammenlignet med den undervisningsform har der været mere handling.

Specielt forståelsen af det ikke-bindende elektronpar og historien om syre-base reaktionen var en udfordring for eleverne. Jeg vurderer, at de lærte meget af selv at skulle lave historien om syre-base reaktionen. Nogle af eleverne brugte opgaven som en anledning til at forholde sig til den del af pensum, som de fandt interessant – helt i overensstemmelse med Kress' teorier - og det medførte meget refleksion i forhold til, hvilke tegn de skulle bruge, for bedst at beskrive reaktionen på det partikulære niveau. Således kom opgaven også til at indeholde noget reifikation.

Socialiteten og præstationen indgik i par-samarbejdet. Derimod indgik de to sidste faktorer ikke.

Således har 5 af Birgitte Holm Sørensens læringsmotationelle faktorer indgået i arbejdet med animationerne. Men ikke alle med lige stor vægt.

Imidlertid er der en af eleverne, som besvarede prøven, som ikke virker til at have lært noget, og der er to andre, som næsten ikke har lært noget. Der var også baggrundslarm, og en del elever arbejdede ikke koncentreret. Når eleverne får lov til at arbejde ved en pc, introduceres en frihedsgrad, som nogle elever har svært ved at håndtere. Måske fordi pc'en er et artefakt, som er centralt i deres fritid. Desuden tog arbejdet med animationerne mere tid end planlagt, så mange af eleverne nu mangler forståelse af pH-begrebet.

Men det ændrer ikke ved, at mange elever lærte at sammenholde det symbolske og det partikulære niveau. Således har arbejdet med animationer et læringspotentiale indenfor dette vigtige område, som erfaringsmæssigt er vanskeligt for eleverne. Men det kan ikke konkluderes, at læringspotentialet er større end ved de traditionelle arbejdsformer/opgavetyper, for der er blevet brugt megen tid på arbejdet med animationerne.

Konklusionen er, at i den rette didaktiske ramme har arbejdet med animationerne et godt læringspotentiale m.h.t. at hjælpe eleverne til at opbygge mentale modeller af det partikulære niveau.

5. Konklusion

Besvarelse af problemformulering

Problemformuleringen lød:

Hvorledes udvikler et didaktisk begrundet arbejde med animationer 1.g samfundsfaglige elevers mentale modeller af det partikulære niveau så de kan tolke det symbolske niveau korrekt?

Eleverne har udviklet deres mentale modeller af det partikulære niveau, så de kan tolke en ukendt syre-base reaktion korrekt.

Det er sket i et didaktisk design, som sammenkobler en direkte læringssimulering med elevernes eget erkendelsesmæssige arbejde, så eleverne har gennemløbet Kellys erkendelsescirkel. I denne proces konfronteres de med deres egne fejlopfattelser og har mulighed for at ændre dem.

Det didaktiske design er afgørende for, at eleverne kan opbygge deres mentale modeller. Betydningsfulde elementer i det didaktiske design for denne klasse synes at være: Par-samarbejde, direkte læringssimulation, udfordring, produktion af tegn, konsultativ interaktivitet, visuelle sanseindtryk, arbejde i eget tempo og gentagelser.

Refleksioner over anvendte teorier

I dette projekt er der blevet brugt teorier, som ikke er samstemmende m.h.t. læringsbegreb og fokus på kulturens betydning. Desuden er begrebet mentale modeller blevet defineret på to forskellige måder. Mentale modeller forstået som 'strukturelle analogier' er i konflikt med Kellys opfattelse af menneskets personlige konstruktionssystem. Men jeg synes, disse forskelligartede elementer har givet en frugtbar forståelse af empirien.

Det alvorligste kritikpunkt er, at sammenholdningen af de to forskellige definitioner af mentale modeller med empirien har taget meget plads, så det har taget plads fra den multimodale analyse. Men jeg mener, at det var en nødvendig prioritering, når begrebet 'mentale modeller' er så central i problemformuleringen.

Eleverne beskrev deres fremgangsmåde, da de skulle sammenkoble det symbolske og det partikulære niveau. Her brugte de udtryk som 'at se det for sig', og jeg fik fornemmelsen af en intuitiv viden, som de ikke kunne formulere. Måske ville et frugtbart alternativt teorivalg have være Polyanis begreb om tavs viden.

Refleksion over anvendte metoder

Jeg har forsket i egen baggård, hvilket betyder, at jeg er en del af kemilærerkulturen. Jeg tror ikke, dette har resulteret i, at jeg har overset væsentlige didaktiske faktorer, men det har haft betydning for min vægtning af de forskellige elementer, som indgår i projektrapporten. . Fx har jeg brugt megen plads på begrebet mentale modeller, som er centralt indenfor naturfagenes didaktik.

Perspektivering

Eleverne er vokset op i med en visuel digital informationsstrøm, som har skærpet deres evne til at afkode digitale visuelle tegn. Kemifaget har en fagligt begrundet visuel tradition. Derfor virker det oplagt at eksperimentere med anvendelsen af animationer i undervisningen, hvilket kan hjælpe eleverne til at arbejde sig frem til en bedre forståelse af det partikulære niveau og sammenhængen imellem det partikulære og det symbolske niveau.

I takt med at gymnasierne får mere it-udstyr, og der bliver flere ressourcer tilgængelige på Internettet, tror jeg, flere vil begynde at eksperimentere. Jeg håber, at dette projekt bliver et lille bidrag til den fagdidaktiske udvikling i kolleganetværket.

6. Litteraturliste

References

- Alvesson, M. (2003). Methodology for close up studies - struggling with closeness and closure. *Higher Education*, 46, 167-193.
- Andrade-Arechiga, M., Santos-Virgen, M., & Acosta-Diaz, R. (2004). Exploring multimodal virtual environments for learning biochemistry concepts. *Proceedings of ED-Media 2004*, Lugano, Switzerland. 2143-47.
- Andreasen, E., Christensen, L. D., Følner, H., Geertz, A., W., Poulsen, A., & Simonsen, J. B. (2005). *Religion og kultur: En grundbog* (2nd ed.). Århus: Systime.
- Bodner, G., & Klobuchar, M. (2001). The many forms of constructivism. *Journal of Chemical Education*, 78, 1107.
- Boeree, C. G. (2006). *Personality theories: George Kelly 1905-1967*. Retrieved 03/23, 2010, from <http://webpace.ship.edu/cgboer/kelly.html>
- Bruun, K., Jensen, K. U., Munthe, S., & Jensen, H. B. (1999). *Isis: Kemi C*
- CAM C og L 26.april. (2010). *Camtasiaoptagelsen af caspers og lars' arbejde med animationer, den 26.april*. Optaget af Helena Tveit Nielsen:
- CAM C og L 27.april. (2010). *Camtasiaoptagelsen af caspers og lars' arbejde med animationer, den 27.april*. Optaget af Helena Tveit Nielsen:

- Chang, H. Y., Quintana, C., & Krajcik, J. S. (2009). The impact of designing and evaluating molecular animations on how well middle school students understand the particulate nature of matter. *Science Education*, 94(1), 73-94.
- Clauss, A. D., & Nelsen, S. F. (2009). Integrating computational molecular modeling into the undergraduate organic chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education*, 86(8), 955.
- Damberg, E., Dolin, J., & Ingerslev, G. H. (Eds.). (2006). *Gymnasiepædagogik: En grundbog*. Kbh.: Hans Reitzels forlag.
- Dwyer, F., & Dwyer, C. (2006). Effect of cognitive load and animation on student achievement. *International Journal of Instructional Media*, 33(4), 10.
- Gabel, D. L. (2005). Enhancing students' conceptual understanding of chemistry through integrating the macroscopic, particle, and symbolic representations of matter. *Chemists' guide to effective teaching* (pp. 77-88). New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.
- Hermansen, M. (1998). *Læringens univers* (3.th ed.) Forlaget Klim.
- Hiim, H., & Hippe, E. (2007). *Læring gennem oplevelse, forståelse og handling* (S. Meedom Trans.). (2.th ed.). Kbh.: Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S.
- Illeris, K. (2006). *Læring* (2.th ed.). Frederiksberg C: Roskilde Universitetsforlag.

- Jensen, J. F. (1997). Vejkort til informationsmotorvejen : En medietypologi for informationstrafikmønstre på internet. *Mediekultur*, 27, 18-33.
- José, T. J., & Williamson, V. M. (2005). Molecular visualization in science education: An evaluation of the NSF-sponsored workshop. *Journal of Chemical Education*, 82(6), 937.
- Kelly, G. A. (1955/1963). *A theory of personality: The psychology of personal constructs*. New York: W.W. Norton & Company, Inc.
- Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2008). Investigating students' ability to transfer ideas learned from molecular animations of the dissolution process. *Journal of Chemical Education*, 85(2), 303.
- Ketelhut, D. J., Nelson, B. C., Clarke, J., & Dede, C. (2009). A multi-user virtual environment for building and assessing higher order inquiry skills in science. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 56-68.
- Kress, G. (2007). Repræsentation, læring og subjektivitet: Et socialesemiotisk perspektiv. In J. Bjerg (Ed.), *Pædagogik: En grundbog til et fag* (3rd ed., pp. 208-242)
- Kress, G. (2010). *Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication*. Abingdon, GB: Routledge.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London: Continuum.
- Kvale, S. (1994). Interviewsituationen. *Interview: En introduktion til det kvalitative forskningsinterview* (pp. 129-147). Kbh.: Hans Reitzels forlag.
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2009). *Interview: Introduktion til et håndværk* (2.th ed.). Kbh.: Hans Reitzels forlag.

Large, A. (1996). Computer animation in an instructional environment. *Library & Information Science Research*, 18(1), 3-23.

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87-99.

Nielsen, J., Christiansen, N., Clemmensen, T., & Yssing, C. (2003). Mindtape - a technique in verbal protocol analysis. , / 188-192.

Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., & McGillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham, GB: Open University Press.

Qvortrup, L. (1998). *Det hyperkomplekse samfund: 14 fortællinger om informationssamfundet*. Kbh.: Gyldendal.

Qvortrup, L. (2001). *Det lærende samfund: Hyperkompleksitet og viden*. Kbh.: Gyldendal.

SGI C og L 5.maj. (2010). *Semi-struktureret gruppe interview med casper og lars optaget den 5.maj*. Optaget af Helena Tveit Nielsen.:

Sharp, H., Rogers, Y., & Preece, J. (2007). *Interaction design: Beyond human-computer interaction* (2.th ed.)

SI E 4.maj. (2010). *Semi-struktureret interview med erik optaget den 4.maj*. Optaget af Helena Tveit Nielsen:

SI O 5.maj. (2010). *Semi-struktureret interview med otelia optaget den 5.maj*. Optaget af Helena Tveit Nielsen:

SI P 3.juni. (2009). *En lydoptagelse af det semi-strukturerede interview med petra 3.juni*. Optaget af Helena Tveit Nielsen. En transskription findes i bilag 1.:

- Sjøberg, S. (2007). Constructivism and education. In E. Baker, B. McGaw & P. Peterson (Eds.), *International encyclopaedia of education* (2.th ed., pp. 1-11). Oxford: Elsevier.
- Sørensen, B. H. (nov 2009). *Didaktisk design i et web 2.0 perspektiv*. Unpublished manuscript.
- Tasker, R., & Dalton, R. (2008). Visualizing the molecular World–Design, evaluation, and use of animations. *Visualization: Theory and Practice in Science Education*, , 103-131.
- Tuvi-Arad, I., & Blonder, R. (2010). Continuous symmetry and chemistry teachers: Learning advanced chemistry content through novel visualization tools. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(1), 48-58.
- Gymnasiereform 2005. STX-Bekendtgørelsen BEK Nr. 1348 Af 15. December 2004 Inklusive Bilag Og Læreplaner, (jan 2005).
- Velazquez-Marcano, A., Williamson, V. M., Ashkenazi, G., Tasker, R., & Williamson, K. C. (2004). The use of video demonstrations and particulate animation in general chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 13(3), 315-323.
- Vermaat, H., Kramers-Pals, H., & Schank, P. (2003a). The use of animations in chemical education. *Proceedings of the International Convention of the Association for Educational Communications and Technology*, 430-441.
- Vermaat, H., Terlouw, C., Dijkstra, S., & Vermaat, J. H. H. (2003b). Multiple representations in web-based learning of chemistry concepts. *Proceedings of the 84th Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL*,
- Veronikas, S., & Shaughnessy, M. F. (2005). An interview with richard mayer. *Educational Psychology Review*, 17(2), 179-189.

VID C og L 27.april. (2010). *Videokamera optagelsen af cypres og linds arbejde med animationer den 27.april*. Optaget af Helena Tveit Nielsen:

Williamson, V. M., & José, T. J. (2009). Using visualization techniques in chemistry teaching. In N. J. Pienta, M. M. Cooper & T. J. Greenbowe (Eds.), *Chemists' guide to effective teaching* (pp. 71-88). New Jersey: Pearson Education, Inc.

Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting conceptual understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.