

Hvad er de studerendes respons på et interaktivt simuleringsprogram i uorganisk kemi? ¹

Agnieszka Kosminska Kristensen

Institut for biologi og kemi, Roskilde Universitetscenter, Roskilde
kosmin@ruc.dk

Jens Josephsen

Institut for biologi og kemi, Roskilde Universitetscenter, Roskilde
phjens@ruc.dk

Abstrakt: Indledende undersøgelser af universitetsstuderendes arbejde med et interaktivt computerprogram er foretaget. Programmet, hvis design tager udgangspunkt i den konstruktivistiske læringsteori, simulerer en laboratorieøvelse i uorganisk stofidentifikation. Dets formål er at fungere som et supplement til arbejdet i laboratoriet med hovedvægten på tolkning af simple småeksperimenter og klassiske analytiske teknikker, der tilsammen kan afsløre et ukendt stofs identitet. Gennem observationer og besvarelser af spørgeskemaer er de studerendes motivation for at arbejde i denne type undervisningssituation belyst. Det synes som om et sådant interaktivt, computerprogram kan være motiverende for de studerende, hvis de forstår og accepterer formålet og hvis programmet på en klar måde spiller sammen med andre dele af undervisningen. Undersøgelsen pegede endvidere på at programmet, i overensstemmelse med dets hensigt, har initieret en dialog og derigennem skabt præmisser for en udvikling af forståelsen af kemiske begreber, principper og metoder.

Keywords: Simuleringsprogram i uorganisk kemi, den konstruktivistiske læringsteori, studerendes motivation, dialog.

Indledning

Et kendskab til kemiske egenskaber af almindelige salte og syrer og baser forudsættes i mange naturvidenskabelige fag. At ammoniumnitrat ikke er en sejtflydende grøn væske, der er opløselig i rapsolie, men et hvidt krystallinsk stof, som er letopløseligt i vand, er et eksempel på en viden, som det er meget nemmere at huske, hvis man har set og arbejdet med stoffet, sideløbende med en bearbejdning af alment kemiske principper. Omvendt er de kemiske modeller lettere at give mening og internalisere, hvis der er en erfaring med kemiske stoffer og reaktioner at relatere det "teoretiske" til. Laboratorieøvelser har bl.a. den funktion, at de skaber erfaringer og giver empiriske kendsgerning fylde og bidrager til den tavse viden inden for et emneområde (Kirschner, 1992). Klassisk kvalitativ analyse med anvendelse af vådkemiske separations- og identifikationsmetoder, samt pipettebrug, burette aflæsninger og vejning som basis for kvantitative metoder har længe været brugt som ramme for indledende eksperimentel kemiundervisning. Oprindeligt var det på universitetet en disciplin i sig selv, hvor et vigtigt formål var at beherske teknikker og metoder, og de studerende tilbragte lang tid i laboratoriet for at opnå en tilstrækkelig fortrolighed hermed. Den almindelige stoftrængsel på studierne og det forhold, at denne klassiske disciplin er blevet uaktuel, har ført til at laboratorietiden hertil til er skåret ned samtidigt med at de samme slags øvelser snarere blev benyttet som en pædagogisk ramme for opbygning af de studerendes empiriske erfaring. Når hovedvægten i laboratorieøvelserne ikke er at kunne mestre teknikkerne, men at bidrage til empirisk erfaring, er "teoretiske" øvelser, der simulerer laboratorieøvelser en måde at udvide tiden, hvor laboratorieøvelsernes empiri-logik bliver bearbejdet. Simuleringen kan foretages i form af skriftligt formulerede opgaver, men kan også organiseres i et

computerprogram, der kan benyttes uafhængigt af tid, sted og lærer. Et led i udviklingsprocessen af et sådant program er naturligvis at få de studerendes vurdering af, om denne type selvstudiemateriale overhovedet kan være et nyttigt element i processen frem mod at opnå (kursus) målene. Om de studerendes reaktion er positiv eller ej er en vigtig forudsætning for at de i programmet indbyggede bestræbelser på at støtte (*eng. to scaffold*)(Meyer, 1993, Hansen og Nielsen, 1999) de studerendes læring overhovedet virker (Kristensen og Josephsen, under udarbejdelse).

Undervisningsscenen


Ved Roskilde Universitets Naturvidenskabelige Basisuddannelse, der tjener som forudsætning for alle de naturvidenskabelige fag ved universitetet, udbydes Kemi C, et kursus i uorganisk kemi. Kurset har en klar empirisk orientering og bygger på og forudsætter et kursus i almen kemi (Kemi A), hvor basale principper og modeller i kemi behandles. Halvdelen af undervisningstiden er henlagt til laboratoriet og den klassiske uorganisk kemiske analyse er rammen for øvelserne. De studerende bliver bedt om at lege med på den leg, at opgaven er at identificere kemiske komponenter og rene stoffer. Formålet med at lære at kunne håndtere disse teknikker og metoder er ikke at blive god til at identificere alverdens (rene) stoffer på denne måde. Det er snarere en anledning til at få indblik i en bestemt type empiri ved at erfare stoffers kemiske egenskaber ved selv at håndtere dem. De studerende accepterer denne "leg" som en ramme at få erfaring i, og nogle synes oven i købet at legen såmænd er sjov nok. En vigtig ingrediens i evalueringen af de studerendes udbytte er at undersøge, om de kan redegøre for og på papiret løse identifikationsopgaver, der bl.a. refererer til de laboratoriemetoder de har mødt. Simulering af disse laboratoriemetoder og principper er derfor også indeholdt i de teoretiske øvelser (opgaveregningen).

Det interaktive computerprogram

Med støtte fra DCN er der udarbejdet et computer-baseret simuleringssprogram til identifikation af simple uorganisk kemiske forbindelser. Programmet er tænkt at skulle fungere som supplement til laboratoriearbejde og opgaveregning med klassisk uorganisk analyse i den indledende kursus-undervisning i kemi på RUC. Programmet giver mulighed for at gennemføre en række undersøgelser på stoffet, så brugeren efterhånden opbygger en viden om hvilke komponenter stoffet kan bestå af og hvilke komponenter der kan udelukkes. Introduktionssiden ses på figur 1.

Programmet "udleverer" et ukendt stof (figur 2) og tilbyder at foretage "Indledende Undersøgelser". Brugeren tilbydes en række valg og programmet giver svar i et sprog, som svarer til valgsituation og observationerne i laboratoriet (figur 3). Den opnåede viden benyttes til at udvælge relevante kvalitative undersøgelser som igen er baggrund for at udvælge relevante kvantitative undersøgelsesmetoder. Alle opnåede resultater samles op og bruges til at give et bud på stoffets sammensætning. Programmet tilbyder ligeledes forskellige faciliteter som tabeller, fx med let- og tungtopløselige salte, komponenter med redox- eller syre-base egenskaber, mm. og hjælperedskaber som lommeregner og det periodiske system. Komponenterne som de ukendte stoffer består af er begrænset til alkalimetallioner og lette hovedgruppe grundstoffer (især som almindelige anioner), samt udvalgte halogener. Samtidig antages særlige kombinationer som thiocyanat (SCN^-), cyanat (OCN^-) og cyanid (CN^-) ikke at forekomme. Desuden er det en fælles egenskab for alle de forekommende kemiske forbindelser, at de er nemme at arbejde med i vandig opløsning.

**Uorganisk stofidentifikation
Kemi C**



Forsiden

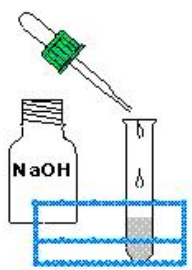
- ▶Valg af stof
- ▶Indledende undersøgelser
- ▶Påvisning
- ▶Kvantitativ analyse
- ▶Resultater
- ▶Tabeller
- ▶Hjælperedskaber

▶Om dette interaktive program

Introduktion

Identifikation af uorganisk kemiske forbindelser er et klassisk kemisk håndværk, og øvelser i kvalitativ og kvantitativ analyse indgår i enhver kemiuddannelse. I dette program er det muligt at træne tænkearbejdet i forbindelse med sådanne laboratorieøvelser ved at simulere, hvad der sker, når et ukendt stof behandles med en bestemt laboratorieprocedure i den klassiske analyse. (Procedurer og teknikker er som i "Øvelses-vejledning til Kemi C")

Sådan simuleringer kan ikke erstatte laboratorieøvelser, men de kan benyttes som et supplement til laboratorieøvelserne, til gennemgangen af laboratorieprocedurerne og til opgaveregningen. Herved er det muligt at udbygge erfaringen med i princippet at analysere flere ukendte stoffer end der normalt er tid til i et laboratorieprogram.



- Du kan læse om hvordan man kan arbejde med programmet Klik på **Om dette interaktive program** i menuen
- Du begynder med at vælge et stof Klik på **Valg af stof** i menuen

Figur 1

**Uorganisk stofidentifikation
Kemi C**



Forsiden

- ▼Valg af stof
Valg af stof
- ▶Indledende undersøgelser
- ▶Påvisning
- ▶Kvantitativ analyse
- ▶Resultater
- ▶Tabeller
- ▶Hjælperedskaber

Det udvalgte stofs karakteristik

Det valgte stof er et fast, hvidt stof. Stoffet er opløseligt i vand.



Det valgte stof har nummer **4444**. Nummeret kan du benytte, hvis du senere vil arbejde videre med det samme stof. Hvis du ønsker at gøre dette, skal du huske at udskrive resultaterne du løbende har opsamlet. Disse resultater og dine kommentarer vil **ikke** blive gemt og kan derfor ikke genindlæses, når du lukker for browseren.

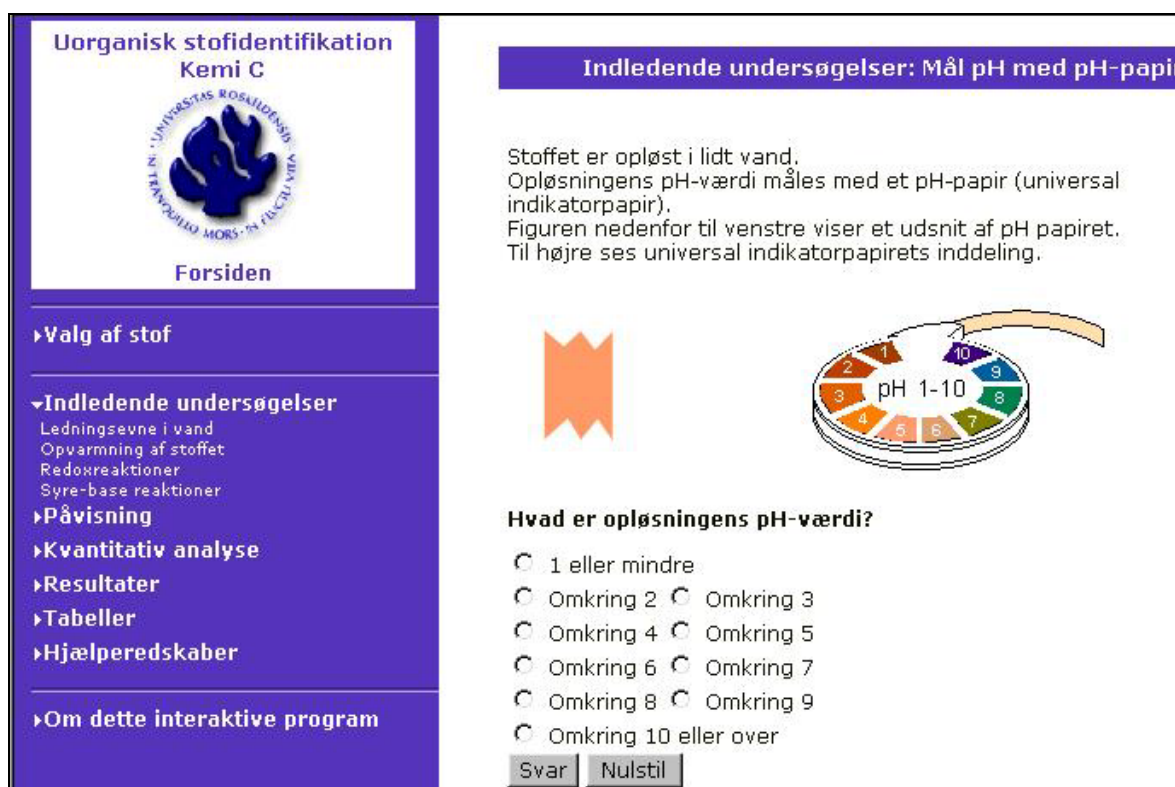
Fortsæt med "**Indledende Undersøgelser**" i menuen.

Figur 2



Figur 3

Hvis der vælges "Mål pH med pH-papir" fås følgende resultat og spørgsmål retur (figur 4). De studerende skal kunne identificere uorganisk kemiske forbindelser ved at programmet på den illustrerede måde simulerer hvad der sker, når et ukendt stof underkastes en række kvalitative og kvantitative undersøgelser. De studerende støttes derved i opbygningen af forståelse for og kendskab til kemiske stoffers egenskaber og typiske reaktionsmuligheder. Ved at anvende støkiometriske beregninger udvikles de studerendes fortrolighed samtidigt med denne grundlæggende del af kemiens sprog og metode. Programmet kan anvendes såvel individuelt som i gruppe. Det anbefales at mindst to, højst tre, studerende arbejder sammen og udnytter programmet som omdrejningspunkt for en fælles faglig diskussion, så der derigennem skabes et kollaborativt læringsmiljø.



Figur 4

Metode

Forsøget med simuleringsprogrammet indgik som en lille del af Kemi C som et supplement til laboratorieøvelserne. En tretimers sekvens var delt op i to lige store tidsafsnit, og medens et hold regnede opgaver med instruktør arbejdede det andet hold med denne "PC-øvelse" i PC-laboratorium. Programmet blev afprøvet af 42 studerende, fordelt på fire hold à halvanden time. De studerende arbejdede parvis (eller tre ad gangen). Deres gennemsnitlige tidsforbrug var mere end halvanden time (de var optaget af det og tiden gik). Efter undervisnings seancen udfyldte alle deltagerne et evaluerende spørgeskema, hvori de blev bedt om at svare på konkrete forhold og komme med egne kommentarer. Derudover blev hele forløbet (for alle hold) observeret og analyseret.

Resultater

Helhedsvurdering

Overordnet set gav de studerende udtryk for en positiv indstilling til programmet. De fleste tilkendegav at programmet var et godt supplement til de øvrige aktiviteter på kurset, som forelæsninger, opgaveregning og laboratorieøvelser. Ydermere blev programmet opfattet som *en teoretisk del* af laboratoriearbejdet og interaktion med det skabte mange erfaringer, som efterfølgende vil blive husket.

De studerende opfatter programmet som tidsbesparende, da de kunne nå at lave flere '*forsøg*' (identificere flere forbindelser) på kortere tid i forhold til de virkelige laboratorieøvelser. Dette skyldes muligheden for at "*prøve forkert*": At lave en "fejl" i laboratoriet betyder normalt, at man påny skal igennem en lang procedure for at få et svar. Programmet derimod, giver hurtigt svar på et nyt forsøg og man mister derved ikke tid på grund af begynderfejl. Et andet aspekt af det virtuelle laboratorium var, at programmet har inspireret de studerende til refleksion og eftertanke. Det blev sagt at programmet var: "*en hjælp til at sætte sig ind i en kemisk tankegang*", hvilket er langt sværere under de virkelige laboratorieøvelser. Derfor blev muligheden for at benytte samme redskaber og udføre samme praksis i det virtuelle rum opfattet som en hjælp til at give et bedre overblik over de kemiske principper. Det gav et godt udbytte indenfor den korte tidsramme, der var til rådighed.

De studerende har påpeget at programmet var et sjovt, anderledes og inspirerende redskab til at lære kemi med - en anden måde end den de var vant til. Programmet blev af nogle kaldt for "*leg*" og at det var rart at "*nørde*" for sig selv.

Flere pointerede at programmet forudsætter kemisk indsigt og selvstændig tænkning hvis man skal arbejde meningsfuldt med det og "*komme med kvalificerede gæt*". Programmet blev derudover omtalt som en god øvelse, der hjælper til opbyggelse af større rutine indenfor stofidentifikation.

Programmets opbygning

De studerende blev bedt om at kommentere programmets opbygning og langt de fleste gav udtryk for tilfredshed med programmets umiddelbarhed og overskuelighed, der især støttes af hjælpemidlerne og menuerne. De mente at programmet var logisk og systematisk opbygget og i det hele taget var en god simulering af laboratorieøvelsen; det begynder med de indledende øvelser og efterfølges af stofpåvisning. En af dem skrev: "*Godt, måske optimalt, da det hjælper en til god tænkemåde at gå frem efter*".

De få negative kommentarer vedrører primært brugerens overblik i den fase af programmet, hvor nogle stoffer skal udelukkes, samt det forhold, at programmet godt nok fortæller når et svar er forkert, men ikke begrundet det eller hjælper yderligere.

De positive og negative indtryk

De **positive** indtryk fik de studerende, overordnet set, af den kvalitative analyse, samt øvelse i at afstemme redoxreaktioner. Enkelte anførte indholdets direkte sammenlignelighed med laboratorieøvelserne som programmets stærke side. Med hensyn til (programmets) hjælpefunktioner fremhævede de studerende de let tilgængelige hjælpemidler under hjælpefunktionen og muligheden for at hente hjælp under "spørgsmålstegnet". Ligeledes blev muligheden for at oplagre egne delkonklusioner og svar, samt programmets brugervenlige og overskuelige form omtalt positivt.

Programmets fjernundervisningsaspekt blev også opfattet som gavnligt, idet det giver mulighed for at kunne arbejde med kemi hjemmefra i "*det altid åbne laboratorium*"; hvor "*man kan sidde derhjemme og øve laboratoriearbejde*", og at man i det hele taget har "*mulighed for eksperimentelt arbejde uden for RUC*".

Blandt de **negative** indtryk blev anført, at de savnede muligheden for at få feedback fra programmet når de selv bad om det. Især i forbindelse med den kvantitative del af analysen med sværere regnestykker. Ligeledes manglende nogle en forklaring på, hvad der sker når forskellige stoffer blandes.

De studerende gav også udtryk for irritation over tekniske problemer med computerne (nogle computere "gik ned"), dårlig skærmbilddet der besværliggjorde aflæsning af grafik og farve på skærmen, samt småfejl i software. En enkelt påpegede, at pop-up vinduerne, der fortæller om man har svaret forkert, virkede distraherende på dem.

Som "mangler" i forbindelse med PC-øvelsen blev det anført at programmet kun påvirker få sanser. Det kan ikke gengive den fysiske oplevelse af et forsøg og dets udfald. Det at kunne lugte til stofferne, se dem og deres reaktioner med egne øjne, samt evt. kunne føle dem, er ikke muligt. De studerende mente, at hvis programmet skal ses som en erstatning til laboratorieøvelserne, så det er en ulempe, at det ikke kan give dem samme form for erfaring, som de kender fra laboratoriet.

Subjektiv opfattelse af læringsudbytte

Selv om de studerendes meninger om eget læringsudbytte fra PC-øvelsen var blandede, fandt de fleste simuleringsprogrammet nyttigt i deres egen læreproces. Som argumentation herfor blev programmets supplerende funktion i forhold til andre undervisningsformer og muligheden for at prøve flere forskellige procedurer - og modtage feedback gennem interaktion med det - nævnt. Derigennem skabte de en større sikkerhed i anvendelsen af procedurer og fik samtidigt et overblik over selve identifikationsprocessen (gennem bedre kendskab til de kemiske stoffers egenskaber og reaktionsmuligheder), og som en af de studerende udtrykte det: "*gennem arbejdet kom vi bredt omkring mange stoffer og deres reaktioner i forskellige væsker*". De har også påpeget at programmet er et redskab, der motiverede dem til at lære.

Langt de fleste studerende forholdte sig positivt til forespørgslen om, fremover at anvende flere simuleringsprogrammer - af denne slags - i deres kemiundervisning.

Men der var også studerende, der mente, at de ikke nåede at lære noget nyt, fordi deres interaktion med programmet var alt for kort, men de understregede, at programmet har potentialer til at skabe ny viden, hvis man investerer mere tid på det. Andre af dem, der ikke følte at have lært noget, argumenterede med, at man jo bare kunne gætte sig frem til svaret, ved at gætte tilstrækkeligt mange gange i stedet for at tænke selvstændigt; at programmet kun styrkede udenadslæren, eller "*at man lærer mere og husker bedre ved at selv lave prøverne i laboratoriet*". Nogle forklarede deres forbeholdende indstilling med tidligere dårlige erfaringer fra computermedierede undervisningsprogrammer, som havde været tidsspilde. Dog gav de samtidigt udtryk for, at netop dette program ville de arbejde med derhjemme!

Et par af dem der ikke vidste om de fortsat havde lyst til at arbejde med simuleringer-programmer var udsat for (hardware-betingede) problemer med programmet, hvilket sandsynligvis har påvirket deres engagement negativt og skabt tvivl eller usikkerhed om nytten af denne undervisningsform. En studerende gav udtryk for at "*programmet hovedsagelig egner sig til at opbygge en større rutine og det bør stå for ens egen regning*" og ikke tage tid fra den fælles undervisning.

Nyttige udtryksformer

Da vi spurgte de studerende om, hvilke udtryksformer de mente er nyttige i computer-medierede undervisningsprogrammer, anførte de tekst og visualiseringer af forskellig art, som fx illustrationer (herunder billeder og grafik) og animationer, som de vigtigste elementer. Hvad angår helhedsindtrykket af programmet, pointerede flere vigtigheden af interaktivitet og sammenspil mellem de enkelte elementer. Programmet udnytter ikke auditive udtryksformer, og de studerende efterlyste det heller ikke, nok fordi det ikke opfattes som relevant i netop denne undervisnings-sammenhæng.

Forbedringsforslag

Afslutningsvis spurgte vi de studerende, om de havde forbedringsforslag til indhold og design. At kunne se egne resultater under hele forløbet på en separat side eller i et vindue, for at skabe et bedre overblik over dem, blev anført af flere. Andre ønskede ikke pop-up vinduer eller ytrede ønske om flere oplysninger af forskellig karakter - fx en notatside eller tabel med almindelige, svære og anderledes reaktioner, eller hjælp til udregninger.

Diskussion

Det fremgår klart af de studerendes reaktioner og udsagn, at den generelle holdning til programmet var positiv. De har selv formuleret det der var hensigten, nemlig at de her mødte en simuleringssource, som var *et godt supplement* til flere andre elementer i undervisningen, som de opfatter hænger godt sammen. Formålet fremgår altså klart af programmet, der derfor opfattes som en støtte og en mulighed frem mod opnåelse af nogle af kursusmålene. Vi kan konstatere, at programmets form bevirker, at de studerende etablerer en *faglig dialog* med hinanden (forudsat at de samarbejder og interagerer med programmet). Verbalisering af egne tanker og forståelse - hvilket er et vigtigt trin i læringsprocessen - støttes af programmet, gennem udfordringer, i form af spørgsmål med delvis støtte til besvarelse af dem, idet brugeren forsynes med feedback (programmet bekræfter og afkræfter svarenes korrekthed) og hjælp i form af små hints. Derigennem kan man slutte at programmet har opfyldt den tiltænkte didaktiske funktion - nemlig at støtte de studerende i deres videns-tilegnelsesproces.

Supplementet har tilsyneladende den kvalitet at der for nogle er mindre "støj", der forstyrrer deres tankeprocesser og arbejde med at forstå kemien. "Støjen" i laboratoriet er det forhold, at udførelsen af uvante procedurer kræver opmærksomhed. Det betyder at der i laboratoriet er færre intellektuelle kræfter, der kan sættes ind på at forklare, forstå og tolke hvad der sker i reagensglas og kolber. I en simulering skal man ikke håndtere selve reaktionerne, men får det synlige, eksperimentelle resultat præsenteret i et kendt sprog og i kendte billeder, således at tolkningen og forståelsen kan ofres mere opmærksomhed. Samtidig fremhæver de studerende, at simuleringen ikke kan erstatte laboratorieøvelser. (For nogle er det oven i købet anført som et negativt aspekt ved programmet). Den oplevelse det er at være vidne til kemiske reaktioner og selv iagttage dem, kan ikke erstattes ved en simulering. Det selvoplevede og autentiske spiller heldigvis en rolle for de studerende og er en nødvendig facet ved at opnå erfaring med empirien i et område. Det kan man ikke læse sig til - det skal (i det mindste delvist) opleves.

Når formålet med programmet ligger lige for og indholdet i øvrigt læner sig meget op ad laboratoriearbejdet opfatter de studerende det som at der ikke er noget problem med

sværhedsgraden. Det er umiddelbart til at forstå hvad der er indhold, muligheder og forventninger og det bliver et let arbejdsredskab i læringsprocessen. Det anføres oven i købet, at det kan være **tidsbesparende**, fordi man kan komme igennem flere "cases" og altså få belyst et empirisk område fra flere sider på kortere tid end hvis det skulle have været gjort i laboratoriet. Det anføres også, at programmet åbner mulighed for (hurtigere) at give et større overblik over empiri området.

Programmet som arbejdsredskab synes at have en vis **motiverende effekt** for det at forstå og lære kemi. Det er ikke kun et enkelt svar der er berører dette aspekt. Det opfattes af flere som "sjovt" eller at man kan "nørde" med det selv. En forudsætning (som er nødvendig, men ikke tilstrækkelig) for at lære om et område er at bruge tid på det. Noget tyder på, at et umiddelbart forståeligt og kontekstualiseret program kan bidrage til at motivere (i det mindste nogle af) de studerende til at beskæftige sig med området.

Referencer

- Hansen, T.J. & Nielsen, K. (1999). Stilladser og læring - et forsøg på afklaring. I Hansen, T.J. & Nielsen, K. (red), *Stilladsering - en pædagogisk metafor*. (s.9-41). Forlaget Klim.
- Kirschner, P.A. (1992). Epistemology, Practical Work and Academic Skills in Science Education. *Science & Education* (1) 273-299.
- Kristensen, A. K. og Josephsen, J.: *Scaffolding i begynderundervisningen i kemi ved hjælp af interaktive computerprogrammer*. (under udgivelse).
- Meyer, D.K. (1993). What is scaffolded instruction? Definitions, distinguishing features, and misnomers. In Leu D.J and Kinzer C.K. (Eds.), *Examining central issues in literacy research, theory, and practice*: 42nd Yearbook of the National Reading Conference, (pp. 41-53). Chicago, IL: The National Reading Conference, Inc.

¹Projektet er støttet af en særlig bevilling fra RUC og indgår som delprojekt i "Scenarier i computer-medieret og netbaseret undervisning"; se <http://www.cncl.ruc.dk/projects.html> (1.10.2001)

²Se <http://Virgil.ruc.dk/kurser/kemiopgaver/ko1/indled.htm> (20.11.2001)