

# Vernetztes Studium – Chemie: anders als eine virtuelle Universität

Astrid Zürn, Silvia Paasch, Steffen Thiele, und Reiner Salzer\*

## Linked Curriculum – Chemistry: Different from a Virtual University

**Abstract:** Since 1999 the German Federal Ministry of Education and Research has been supporting the lead project 'Vernetztes Studium – Chemie' ('Network for Education – Chemistry'). Sixteen professors and their co-workers from Germany, Switzerland, and the United Kingdom are involved. During a period of five years a novel internet-based modular system will be developed connecting theory and practice of the chemistry basic studies. This new approach will provide the basic chemical knowledge *via* the use of multimedia methods in the form of browser-based learning modules which are compiled within an integrated educational concept. The students are able to choose different learning levels depending on their knowledge. Potential users are students and lecturers of chemistry and of other branches of study as well as laboratory assistants, pupils and interested people undertaking further studies in chemistry.

**Keywords:** Basic study · Chemistry education · E-learning · Eurobachelor · Network · Self-study · Teaching and learning software

Sicher kennen Sie das noch aus Ihrer Studienzeit:

Sie haben zahlreiche verschiedene Bücher aus der Bibliothek nach Hause getragen, geduldig in jedem den passenden Abschnitt zu Symmetrieelementen in Molekülen gelesen – es aber immer noch nicht verstanden. Enttäuscht mussten Sie feststellen, dass die Strichzeichnung voller undurchsichtiger Pfeile in allen Büchern eine grosse Ähnlichkeit aufwies, was aber dem Verständnis nicht weiterhalf. Und in der Vorlesung? Da gab es auch nur das schwache Bild auf Folie in den letzten Sekunden der Unterrichtseinheit mit dem Nachsatz „Das können Sie ja nachlesen!“, womit sich der Kreis geschlossen hatte – Selbststudium eben!

Hier verspricht ein bisher wohl einzigartiges Projekt aus Deutschland Abhilfe. Ein Mausklick am Computer zu den Seiten des „Vernetzten Studium – Chemie“ (<http://www.vs-c.de>) schafft Zugang zu vielseitigen

multimedialen Darstellungen, mit denen das Verständnis der Studierenden für komplizierte und natürlich auch einfachere Sachverhalte in der Chemie erleichtert und verbessert wird. Zu den Fakten:

### Das Ziel

Innerhalb des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung Deutschlands seit 1999 geförderten Leitprojektes „Vernetztes Studium – Chemie“ (VS-C) soll im Verlauf von fünf Jahren eine webbasierte, interaktive Lehr- und Lernplattform für das Bachelorstudium Chemie entwickelt werden. Nach dem Baukastensystem werden multimediale Wissensmodule aus den verschiedenen Teilgebieten der Chemie sowie den Elementarfächern Mathematik und Physik geschaffen und fächerübergreifend vernetzt (Abb. 1). Zielgruppen des Projektes sind Haupt- und Nebenfachstudierende der Chemie. Anpassungen des Inhalts sind möglich für Laboranten, Gymnasiasten oder Fachfremde, die Chemiewissen für ihre berufliche und persönliche Weiterbildung nutzen wollen. In Abhängigkeit von den unterschiedlichen Ausbildungszielen können die passenden Lerninhalte zusammengestellt werden. Grundlage für den Stoffumfang bil-

den die Vorschläge der deutschen Studienreformkommission für das Basisstudium Chemie („Würzburger Modell“, <http://www.gdch.de/ausbild/denkschr.htm>) sowie die darauf folgenden Empfehlungen des European Chemistry Thematic Network (ECTN) zum „Chemistry Eurobachelor“ ([http://www.cpe.fr/ectn/tuning\\_project.htm](http://www.cpe.fr/ectn/tuning_project.htm)).

### Die Motivation

Derzeit wird europaweit an einer Gesamtstrategie für den Aufbau einer koordinierten Chemie-Ausbildung entsprechend dem Strukturwandel in Industrie und Wirtschaft gearbeitet. Der klassische Bildungsgang zum promovierten Diplomchemiker als Studienabschluss, wie er in Deutschland noch dominiert, befindet sich bereits in einem Umbruchprozess. Durch die gewachsene Bedeutung der Chemie als Querschnittswissenschaft müssen Hochschulabsolventen der Chemie in der Lage sein, wichtige Positionen in der Industrie, Wirtschaft, in nationalen und internationalen Verwaltungsgremien aber auch in naturwissenschaftlich bestimmten Bereichen der Politik einzunehmen.

Im Jahre 1999 unterzeichneten 29 europäische Bildungsminister die Bologna-Er-

\*Korrespondenz: Prof. Dr. R. Salzer  
Technische Universität Dresden  
Institut für Analytische Chemie  
D-01062 Dresden  
Tel.: +49 351 463 32631  
Fax: +49 351 463 37188  
E-Mail: [reiner.salzer@chemie.tu-dresden.de](mailto:reiner.salzer@chemie.tu-dresden.de)  
<http://analyt.chm.tu-dresden.de>



Abb. 1. Die Vernetzung der Fachgebiete im Projekt „Vernetztes Studium – Chemie“

klärung zur Schaffung eines neuen europäischen Hochschulraumes ([http://europa.eu.int/comm/education/bologna\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/education/bologna_en.html)). Diese Zielstellung wird auch von der Rektorenkonferenz der Schweizer Universitäten (CRUS, [http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/CRUS\\_position\\_paper.pdf](http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/CRUS_position_paper.pdf)) nachdrücklich befürwortet. Die geplante Einführung eines neuen Graduiertensystems mit einem ersten (undergraduate) und einem zweiten Studienabschluss (graduate) hat das Ziel, die arbeitsmarktrelevanten Qualifikationen der europäischen Studierenden sowie die internationale Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Hochschulsystems zu fördern. Durch ein dem ECTS ähnliches Leistungspunktesystem wird die Mobilität der Studierenden erheblich erleichtert. Der erfolgreiche Abschluss des mindestens drei Jahre dauernden ersten Studienabschnitts, z.B. mit dem Bachelor, soll eine für den Arbeitsmarkt relevante Qualifikation darstellen. Der zweite Studienabschluss ist der Master und/oder die Promotion, je nachdem ob der

Studierende den anwendungsorientierten oder den forschungsorientierten Aufbaustudiengang gewählt hat.

Für das Chemiestudium bedeutet das, dass in den sechs Semestern Basisstudium die wissenschaftlichen Grundlagen der Chemie in sinnvoller Gewichtung gelehrt werden müssen. Dies stellt eine grosse Herausforderung für die Chemiefachbereiche dar, die insbesondere auch die überkommene Verteilung des Lehrstoffes zwischen den Teilgebieten den neuen Anforderungen anpassen müssen. Hier kann das „Vernetzte Studium – Chemie“ insofern Hilfestellung leisten, dass es von Beginn an eine Aufteilung und Fokussierung des Stoffes vorgenommen und umgesetzt hat, die den internationalen Studiengängen und den Anforderungen des modernen Arbeitsmarktes entspricht.

Das „Vernetzte Studium – Chemie“ ist kein virtuelles Studium, sondern stellt eine Ergänzung – keinen Ersatz! – des konventionellen Chemie-Studiums mit Vorlesun-

gen und Praktika dar. In experimentell basierten Disziplinen wie der Chemie muss das Präsenzstudium unter Nutzung der Infrastruktur einer Universität fortbestehen, selbstverständlich aber auch unter Nutzung aller modernen technischen Möglichkeiten ständig ausgebaut werden. So kann das Lernen mit multimedialen Modulen die traditionelle Lehre wirkungsvoll ergänzen. Es bietet sich entweder als Ergänzung oder als Alternative zum konventionellen Lehrbuch an und gestattet so dem Lernenden ein zeit- und ortsunabhängiges Bearbeiten der angebotenen Vorlesungen, Seminare, Übungen und Praktika. Gemeinsame Inhalte aus verschiedenen Lehrgebieten sind durch die Vernetzung gemeinsam zugänglich, was u.a. auch die Wiedererkennung und das interdisziplinäre Denken fördert (Abb. 2).

Die bisher dominierenden zweidimensionalen Darstellungen von chemischen Formeln, Versuchsabläufen oder Analysengeräten sind in der heutigen Zeit allein nicht mehr ausreichend, um komplizierte Struk-

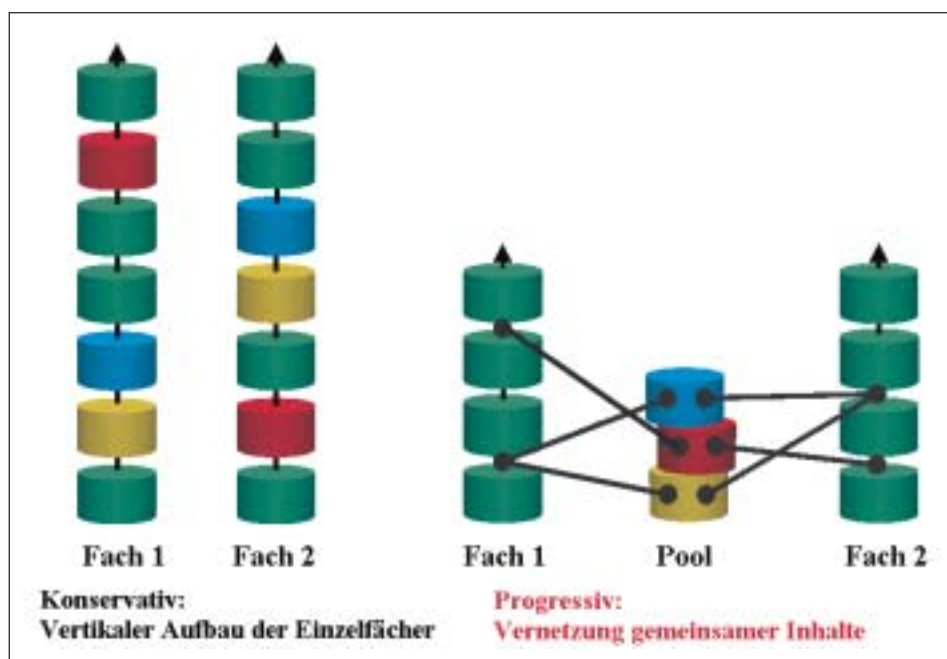


Abb. 2. Grundidee der effizienteren Wissensaufbereitung im VS-C

turen und Reaktionen oder die immer komplexer werdende Gerätetechnik zu beschreiben und zu verstehen. Die Computertechnik eröffnet durch räumlich und zeitlich exakte Animationen neue Wege, den Lernstoff in einer angemessenen Zeit zu erfassen. Der Zeitfaktor spielt eine wesentliche Rolle, da die intensive Zunahme des Wissens auf allen Gebieten auch vor den Studierenden eines Basisstudiums nicht halt macht. Durch Versuchsanimationen und virtuelle Gerätepraktika können sich die Studierenden bereits vor Beginn ihres realen Praktikums mit der entsprechenden Technik vertraut machen und so die gestellten Aufgaben wesentlich effizienter als bisher bearbeiten.

## Die Organisationsstruktur

Das breitgefächerte Projekt „Vernetztes Studium – Chemie“ bedarf einer straffen Organisationsstruktur, um Erfolg haben zu können. Die Basis des Leitprojektes bilden die Teilprojekte, in denen unter wissenschaftlicher Federführung der Hochschullehrer das umfangreiche Lehrmaterial aufbereitet wird. Sie beinhalten fachbezogene und fachübergreifende Unterprojekte. Die

Teilprojekte werden von einzelnen oder mehreren Projektpartnern erarbeitet. Am Projekt sind 16 Hochschullehrer mit vielen Mitarbeitern in 29 Teilprojekten an 16 Hochschulen in Deutschland, Grossbritannien und der Schweiz beteiligt (Tab. 1).

Für jedes Fach des Basisstudienganges ist aus dem Kreis der Projektpartner ein Koordinator bestimmt worden. Seine Aufgabe ist die Abstimmung der inhaltlichen und administrativen Arbeiten auf Fächerebene sowie für das Gesamtfach. Die übergreifende wissenschaftliche Leitung liegt in den Händen des Beirates. Er koordiniert die Belange der einzelnen Projektpartner und entscheidet in allen sachlichen und verwaltungstechnischen Fragen. Der Beirat ist die höchste Koordinationsinstanz des Leitprojektes, insbesondere für die Erfüllung des Projektplans. Die von den Projektpartnern erarbeiteten Materialien werden von ihm abgenommen und nur nach Freigabe durch ihn in das offizielle Gesamtmaterial eingefügt. Das einheitliche Gesamtbild des Projektes und die Repräsentanz in der Öffentlichkeit werden vom Beirat gesteuert.

Zusätzlich zur internen Fachbegutachtung und -beratung wurden Persönlichkeiten des wissenschaftlichen Lebens als Facheditoren gewonnen. Sie prüfen die

Materialien hinsichtlich wissenschaftlicher Richtigkeit, inhaltlicher Vollständigkeit, stilistischer Einheitlichkeit und didaktischer Sinnfälligkeit und üben beratende Funktion aus. Diese Facheditoren werden durch ihre externe Stellung zum Projekt ganz wesentliche, unvoreingenommene Beiträge zur Abrundung des Lehrmaterials erbringen.

Unterstützung bei strategischen Entscheidungen gewährt ein Kuratorium von Repräsentanten der Wissenschaft, Berufsverbände und Industrie. Die Kuratoren beobachten den Fortschritt und die Qualität des Projektes, sie beraten bei Entscheidungen mit besonderer Aussenwirksamkeit. Von ihrer Förderung gehen wichtige Impulse für die breite Akzeptanz des Projektes „Vernetztes Studium – Chemie“ in der Öffentlichkeit aus (Tab. 2).

Das Fachinformationszentrum (FIZ) Chemie Berlin entwickelt die Lern- und Lehrplattform und koordiniert die Zusammenarbeit der einzelnen Projektpartner, schafft geeignete Kommunikationsstrukturen und ist für die weltweite Vermarktung der Lernmodule zuständig.

Das „Vernetzte Studium – Chemie“ ist an Kooperationen mit anderen nationalen und internationalen Hochschulen ausdrücklich interessiert. Beispielsweise wurde im

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Anorganische Chemie</b><br>Prof. Steinborn (Uni Halle-Wittenberg)                           | <b>Makromolekulare Chemie</b><br>Prof. Nuyken (TU München)  | <b>Mathematik</b><br>Prof. Ziessow (TU Berlin)  |
| <b>Organische Chemie</b><br>Prof. Fels (Uni Paderborn)<br>Prof. Herges (Uni Kiel)              | <b>Technische Chemie</b><br>Prof. Rössner (Uni Oldenburg)<br>Prof. Papp (Uni Leipzig)   | <b>Physik</b><br>Prof. Gauglitz (Uni Tübingen)<br>Prof. Heuer (Uni Würzburg)  |
| <b>Analytische Chemie</b><br>Prof. Salzer (TU Dresden)<br>Prof. Gauglitz (Uni Tübingen)        | <b>Theoretische Chemie</b><br>Prof. Ziessow (TU Berlin)<br>Prof. Bögel (Uni Halle-Wittenberg)                                     | <b>Datenverwaltung/Elektronische Plattform/Projektkoordination</b><br>Prof. Deplanque (FIZ Chemie Berlin)           |
| <b>Physikalische Chemie</b><br>Prof. Ziessow (TU Berlin)<br>Prof. Gauglitz (Uni Tübingen)      | <b>Chemie im Nebenfach</b><br>Prof. Schubert (Uni Paderborn)<br>Prof. Reininger (Uni Paderborn)                                   | <b>Weitere Projektpartner</b><br>Prof. Alty (Loughborough University, UK)<br>Prof. Rastall (University of Hull, UK) |
| <b>Biochemie/Molekularbiologie</b><br>Prof. Maelicke (Uni Mainz)<br>Prof. Kröger (Uni Giessen) | <b>Chemoinformatik</b><br>Prof. Gasteiger (Uni Erlangen-Nürnberg)<br>Dr. Zass (ETH Zürich)<br>Prof. Deplanque (FIZ Chemie Berlin) |   |

Tab. 1: Fachgebiete und beteiligte Arbeitskreise im Projekt „Vernetztes Studium – Chemie“

| Kuratorium  | Beirat   | Facheditoren   |
|---|--|--|
| Prof. Koch (Geschäftsführer GDCh)<br>Prof. Hendricks (TU Berlin)<br>Herr Bersch (vormals ZDF)<br>Frau Grimming (DPA)<br>Dr. Keller (Bruker)<br>Prof. Märkl (Uni Regensburg)<br>Prof. Roesky (Uni Göttingen)<br>Prof. Tietze (Uni Göttingen)<br>Prof. Winterfeldt (vormals Präsident GDCh)<br>MinDir. Prof. Friedrich (BMBF, ständiger Gast) | Prof. Maelicke (Uni Mainz)<br>Prof. Deplanque (FIZ Chemie Berlin)<br>Prof. Salzer (TU Dresden)<br>Prof. Schubert (Uni Paderborn)<br>Prof. Ziessow (TU Berlin)<br>Prof. Gauglitz (Uni Tübingen, ständiger Gast) | Prof. Ebel (Uni Würzburg)<br>Prof. Hilf (Uni Oldenburg)<br>Prof. Hopf (TU Braunschweig)<br>Prof. Jaenicke (Uni Köln)<br>Prof. Kaminsky (Uni Hamburg)<br>Prof. Kubinyi (Uni Heidelberg)<br>Prof. Schrader (Uni Essen)<br>Prof. Walter (Uni Jena)<br>Prof. Zeidler (RWTH Aachen) |

Tab. 2: Mitarbeiter im Kuratorium, im Beirat und Facheditoren des Projektes „Vernetztes Studium – Chemie“

August 2002 ein Abkommen zwischen dem FIZ Chemie Berlin und den französischen Grandes Ecoles d'Ingenieurs, die in der Wissenschaftsorganisation Fédération Gay-Lussac zusammengefasst sind, geschlossen. Ausserdem laufen derzeit Verhandlungen mit der Universität Havanna (Kuba) hinsichtlich einer zentralen Nutzungslizenz für die Projektmodule.

### Die Wege zum Ziel

In den ersten beiden Jahren der Projektlaufzeit mussten die Inhalte noch im HTML-Format entwickelt werden. Danach erfolgte eine Umstellung auf XML.

Während HTML (HyperText Markup Language) beschreibt, wie Informationen auf dem Bildschirm dargestellt werden sollen, bildet XML (eXtended Markup Language – Auszeichnungssprache) die Struktur eines Dokumentes in der Art ab, dass alle Elemente des Dokumentes (Kapitel, Überschriften, Absätze, Bilder, Tabellen usw.) unabhängig von ihrem Aussehen (Layout, Formatierung) definiert sind. Diese Art der Dokumentenablage ermöglicht es, die Daten herstellerunabhängig in verschiedenen Programmen (Internet-Browser, Datenbanken, Zeichenprogrammen, Präsentationen...) darzustellen, weiterzuverarbeiten oder in einer Suche sicher zu finden. Selbst Bilder, die sich als Vektoren beschreiben lassen, sind dank des Prinzips der Auszeichnungssprachen in verschiedensten Anwendungen ohne Informationsverluste darstellbar – unabhängig von der Software, mit der sie erzeugt wurden. Das immense Potential von XML ergibt sich auch daraus, dass die verwendeten Auszeichnungen („tags“) nicht wie bei HTML von Anfang an festgelegt und damit nur in begrenzter Zahl vorhanden sind, sondern für den beabsichtigten Dokumententyp selbst definiert

werden können. Dies erfolgt in Document Type Definitions (DTD). Sie enthalten alle Beschreibungen der in dem Dokumententyp zulässigen Elemente einschliesslich ihrer Attribute. Solche Dateien sind für das „Vernetzte Studium – Chemie“ erstellt worden und werden ständig mit weiteren Elementen ergänzt. Sie stellen den entscheidenden Entwicklungsschritt dar, der aus dem unspezifischen XML-Prinzip die Variante VSCML (XML des VS–C) hervorbringt.

VS–C-Dokumente sind durch ihre grosse Vielfalt an eingebundenen Medien (Bilder, Animationen, Java-Scripts usw.) sowie durch zahlreiche chemie- und physikspezifische Elemente (chemische Formeln und Gleichungen, mathematische Formeln, Diagramme, Definitionen usw.) besonders anspruchsvoll. Nicht zuletzt ist auch ein ansprechendes und didaktisch sinnvolles Aussehen bei der Darstellung der Seiten für den Endnutzer von grosser Wichtigkeit. Bei XML wird der Darstellungsmodus üblicherweise in einer Stildatei (XSL) festgelegt, die den Elementen des Dokumentes bestimmte Farben und Schriftarten o.ä. zuweist (Abb. 3). Durch die Ablage der Dokumente im XML-Format ist weitgehend sichergestellt, dass das geschaffene umfangreiche Material über viele Jahre auch in den Weiterentwicklungen der Anzeige-Software verlustfrei dargestellt werden kann. Es muss allein das Konvertierungstool den Neuheiten der Anzeige-Software angepasst werden, nicht aber der aufwändig erstellte Inhalt der Dokumente.

Zur Charakterisierung der am Projektende vorliegenden ca. 80,000 bis 100,000 Einzelobjekte (z.B. XML-Dateien, Grafiken, Filme...) wurde ein zweistufiges Metadatenmodell auf XML-Basis entwickelt, wobei bei der Definition der Metadaten auf solche Aspekte wie Vollständigkeit der Beschreibung, Nachvollziehbarkeit der Objekt-

historie aber auch auf Zukunftssicherheit geachtet wurde. Die unzähligen Einzelobjekte werden vom FIZ Chemie Berlin in einer Datenbank verwaltet und gepflegt. Dies schafft zugleich die Voraussetzung zur dynamischen Entwicklung der Lerneinheiten.

Um dem erzeugten Lernstoff auch einen didaktischen Leitfaden zu geben, werden die einzelnen Objekte zu sogenannten „Valid Learning Units“ (VLUs) kombiniert. Derart kommen die Nutzer letztendlich nicht mit den Einzeldokumenten, sondern mit sinnvoll zusammen gefügten Lerneinheiten in Berührung. Diese werden in einer chemiespezifischen und leicht zu bedienenden Lernumgebung, die konvertierbar in beliebigen internetfähigen Browsern darstellbar ist, dem Benutzer angeboten.

Natürlich steht und fällt die Akzeptanz von Lernprogrammen mit dem Bedienkomfort und der visuellen Gestaltung. Eine interaktive, klar strukturierte Oberfläche und vielfältige Autorenwerkzeuge (Glossar, Suche,...) sollen eine intuitive Navigation ermöglichen. Viel Arbeit wird daher in die Entwicklung solcher Werkzeuge gesteckt.

In die von den einzelnen Projektarbeitsgruppen geschaffenen Lernstoffseiten sind verschiedene multimediale Elemente eingebettet:

- Bilder und animierte Grafiken
- Flash-, Shockwave- und Java-Animationen
- Javascripts für vielerlei Interaktivitäten
- Streaming-Videos
- Chime für die 3D-Wiedergabe von chemischen Formeln und Reaktionen.

Durch die Vielzahl von Beispielen, Animationen, virtuellen Praktikumsversuchen und Simulationen werden die Lerninhalte praxisnah und leicht verständlich vermittelt. Einen grossen Stellenwert nimmt die Entwicklung unterschiedlichster Übungsaufgaben zur Selbstkontrolle ein, damit sich die Lernenden während des Durchar-

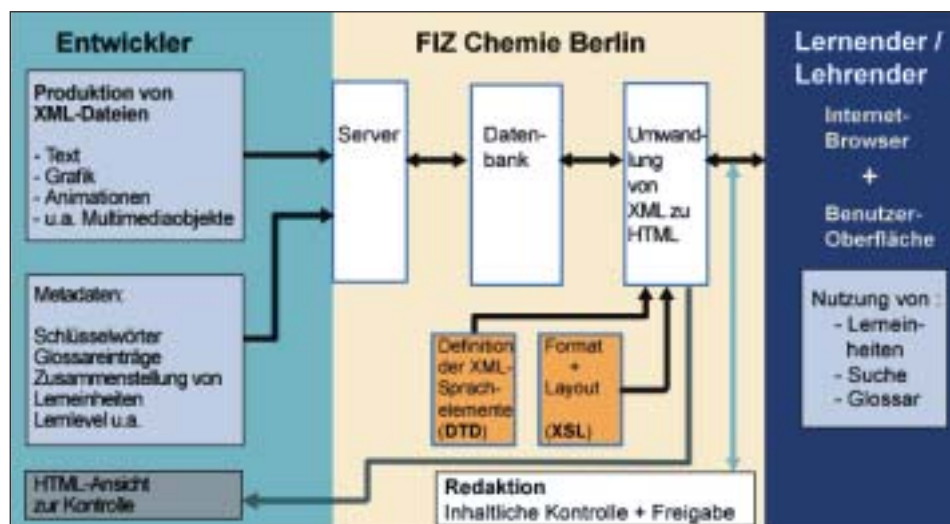


Abb. 3. Technische Struktur des XML-basierten Projektes

beiten des Stoffes überprüfen und vom eigenen Lernfortschritt überzeugen können (Abb. 4).

Für den Einsatz des Projektes „Vernetztes Studium – Chemie“ sind mehrere Implementierungsverfahren vorgesehen: CD-ROM, hochschulweite Intranetangebote und Internet-Zugriff.

### Die Teilprojekte

Jedes Fachgebiet der Chemie wird in der Regel von mehr als einem Hochschullehrer betreut (Tab. 1). Damit vergrößert sich einerseits die Erfahrungsbasis und Kapazität für die Erstellung der Wissensmodule, andererseits entsteht eine erste interne Prüfungsinstanz für die geschaffenen Wissensmodule.

### Projektkoordination/ Technische Umsetzung

Das FIZ Chemie Berlin als Wegbereiter der rechnergestützten Chemieinformation hat im VS-C-Projekt die Aufgaben der Entwicklung, Federführung und Koordination. Dies umfasst die Organisation von Kommunikationsmöglichkeiten wie Diskussionsforen und Workshops und vor allem die technische Umsetzung der Vernetzung, der Benutzeroberfläche sowie der Datenverwaltung der unzähligen Dokumente der dezentral arbeitenden Entwickler. Es hat sich der Aufgabe gestellt, eine völlig neuartige Infrastruktur aufzubauen, die die Bereitstellung eines umfangreichen, standardisierten und ausbaufähigen Wissensmodulsystems beinhaltet.

Mit der Entwicklung des VSCML als Auszeichnungssprache zur Beschreibung der chemiedominierten Dokumente beschreiten die Entwickler vom FIZ Chemie Berlin und aus einzelnen anderen VS-C-Arbeitsgruppen Neuland. Dabei sind nicht nur die technischen Lösungen zu schaffen, auch das Motivieren und Schulen der Entwickler in den Arbeitsgruppen der Universitäten ist zu bewältigen. Andererseits werden vom FIZ auch die konstruktiven technischen Zuarbeiten aus anderen Arbeitsgruppen koordiniert und integriert.

### Die Organische Chemie

Ziel der Arbeitsgruppen der Organischen Chemie ist die Implementierung eines „lebenden Lehrbuchs“ der Organischen Chemie unter Berücksichtigung der Möglichkeiten der neuen Medien im VS-C. Im Einzelnen bedeutet das:

Abb. 4. Übungsaufgabe zur elektrochemischen Detektion in der Chromatographie

- multimediale Aufbereitung des Stoffgebietes unter konsequenter Nutzung moderner Visualisierungstechniken
- dreidimensionale Darstellung von Molekülen, die durch den Benutzer interaktiv manipuliert und in verschiedenen Darstellungsformen veranschaulicht werden können
- Berechnung und Visualisierung der konformativen Beweglichkeit sowie der Eigenschaften und Reaktivitäten von Molekülen (Abb. 5)
- Visualisierung der Stereochemie und der Dynamik von Reaktionen
- Erstellung von Video-Sequenzen für die Vorführung praktischer Versuche im Sinne einer Experimentalvorlesung (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo1.html>)
- Interaktive Frage-Antwortspiele zur Erarbeitung von Stoffinhalten
- Online-Übungen zur direkten Lernkontrolle der bearbeiteten Lerneinheiten  
Beim Verwenden des bis jetzt angefertigten Materials in der Lehre in Kiel und in Paderborn wurde von den Studierenden eine durchweg gute Resonanz erhalten. Besonders die interaktiven Elemente brachten einen Motivationsschub im Vergleich zu statischen Webangeboten.

### Die Anorganische Chemie

Im Material der Anorganischen Chemie finden multimediale und interaktive Präsentationsformen (u.a. virtuelle 3D-Modelle, Animationen, dynamische Bild-Text-Korrelationen) breite Anwendung. Die Interaktivität wird durch eine Vielzahl an Fragen und Übungen unterschiedlichen

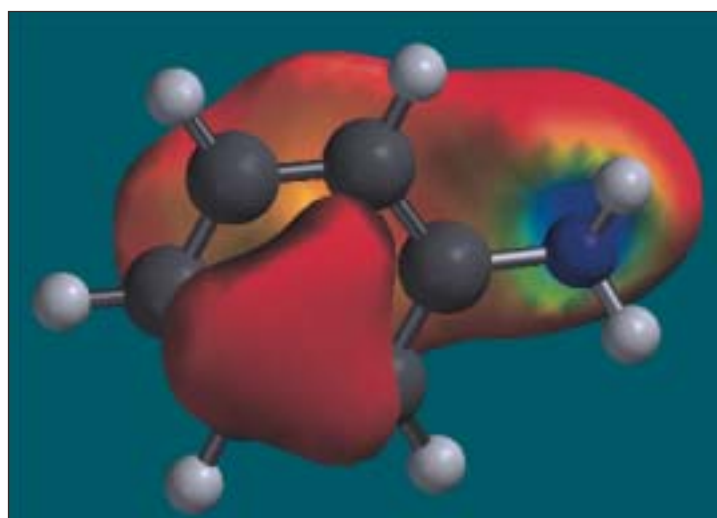


Abb. 5. Elektronenverteilung am Beispiel Anilin

Schwierigkeitsgrades noch erhöht. Unter anderem werden folgende Kapitel behandelt:

#### • **Symmetrie in der Chemie**

In der Chemie ist die Symmetrie ein übergreifendes Konzept. Das multimediale Lehrmaterial erleichtert das Verständnis durch die Verwendung von interaktiven 3D-Molekülmodellen. Für Studierende im ersten Studienjahr wird das Erkennen von Symmetrieelementen und Symmetrieeoperationen in Molekülen anschaulicher (Abb. 6, (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo2.html>).

#### • **Homogene Katalyse**

Die metallorganische Komplexkatalyse ist von zentraler Bedeutung für die Synthesechemie. Entscheidend ist hier das Verständnis der häufig komplizierten Katalysezyklen. Ein virtuelles Lehrbuch für Studierende im dritten Studienjahr bricht die aus der gedruckten Literatur bekannten 2D-Abbildungen auf, indem interaktiv und individuell die Zyklen in Einzelschritten durchlaufen oder insgesamt als Animation betrachtet werden können.

#### • **Versuchsanleitungen für das Praktikum im Labor**

Die eigene Erfahrung im Labor ist untrennbar mit dem Chemiestudium verbunden. Die Arbeit am Computer zielt nicht auf einen Ersatz der eigenen Erfahrung im Labor sondern auf deren Vor- und Nachbereitung. Folglich werden die Nachweisreaktionen der Anionen und Kationen im Trennungsgang anhand von Bildfolgen und – wo notwendig bzw. instruktiv – Filmen beschrieben und mit den notwendigen Hintergrundinformationen versehen.

#### • **Verbindungsbibliothek**

Ein breites Wissen der Stoffchemie ist unabdingbar für Chemiker. In der Verbindungsbibliothek werden die Eigenschaften ausgewählter Stoffe beschrieben, mit denen sich die Studierenden zu Beginn ihres Studiums konfrontiert sehen. Weiterhin werden Informationen zur Reaktivität und zur Synthese, die wichtigsten physikalisch-chemischen und spektroskopischen Eigenschaften bereitgestellt (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo3.html>).

### **Die Biochemie und Molekularbiologie**

Biochemie ist eine Querschnittswissenschaft, die tief in Biologie und Medizin hineinreicht. Die Biochemie bildet eine der Grundlagen für weltweite Grossprojekte (z.B. „human genome project“) sowie für Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts

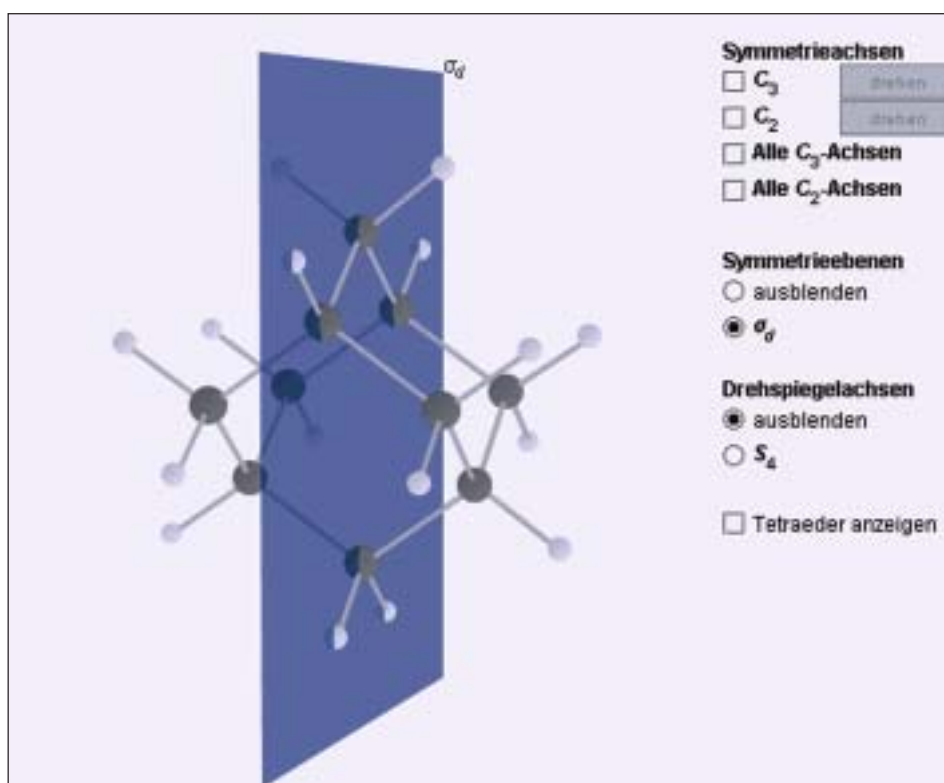


Abb. 6. Bildschirmansicht eines Adamantan-Moleküls mit Spiegelebene. Durch Anklicken können wahlweise einzelne oder alle Symmetrieelemente eingeblendet und die Symmetrieeoperationen animiert werden. Das virtuelle 3D-Molekül und die eingeblendeten Symmetrieelemente sind mit der Maus frei rotierbar

wie Gentechnologie, Biotechnologie und Biomaterialforschung. Eine zeitgemässe Biochemieausbildung darf sich deshalb nicht allein auf chemische Inhalte beschränken, sondern muss biologische Grundlagen gleichermaßen berücksichtigen.

Die Biowissenschaften sind in einem so raschen Wandel begriffen, dass sowohl Forschungsthemen wie auch Lehrbücher binnen weniger Jahre veralten. Daher muss gerade hier ein flexibles und leicht zu ergänzendes Lehrangebot geschaffen werden, das auf soliden und kompakten Basisbausteinen aufbauend den neuesten Wissensstand vermitteln kann. Dies kann nur durch interdisziplinäre Vernetzung der Lehrinhalte und alternative Lernpfade erreicht werden. Deshalb wird das Basiswissen Biochemie im VS-C aus den alternativen Blickwinkeln Chemie und Biologie herstrukturiert. Schwerpunkte der Verknüpfung mit Fremdfächern bestehen zur Molekularen Medizin, Toxikologie und Biotechnologie.

Die Molekularbiologie ist ein typisches Grenzfach der Chemie – die Fragestellungen kommen aus der Medizin und der Biologie, die Methoden aus der Chemie und der Physik. Je grösser die Moleküle werden, desto grösser wird der Abstand zur Chemie. In vielen Fällen sind Makromoleküle beteiligt, oder Reaktionen laufen in

sehr komplexen Ketten ab. Die dreidimensionalen Zusammenhänge können mit den neuen Medien ergänzend zum Buch vollkommener dargestellt werden. So können auch umfangreiche Reaktionsketten wie der bestens bekannte Zitronensäurecyclus nicht nur mit den üblichen acht Schritten, sondern mit seinen mindestens 24 Schritten übersichtlich dargestellt werden. Der Vergleich der verschiedenen Formen der DNA (Abb. 7, (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo4.html>), die *endo-exo* Formen der Nucleotide, die *syn-anti*-Stellungen der Basen sind anschaulicher vermittelbar, ebenso die Auswirkungen einzelner Mutationen, wenn sie in einem Enzym von 400 Aminosäuren eine einzelne Aminosäure betreffen. Der grösste Vorteil ist jedoch die phantastische Möglichkeit, die Schemazeichnungen der Mediziner und Biologen mit exakten chemischen Formeln zu unterlegen und damit die Verständigung zwischen allen beteiligten Disziplinen zu fördern.

### **Die Makromolekulare Chemie**

Die Makromolekulare Chemie spielt als Tätigkeitsbereich der in der Industrie aktiven Chemiker eine wichtige Rolle. Dieser Bereich wird während des Studiums meist als Vertiefungs- oder Wahlfach angeboten.

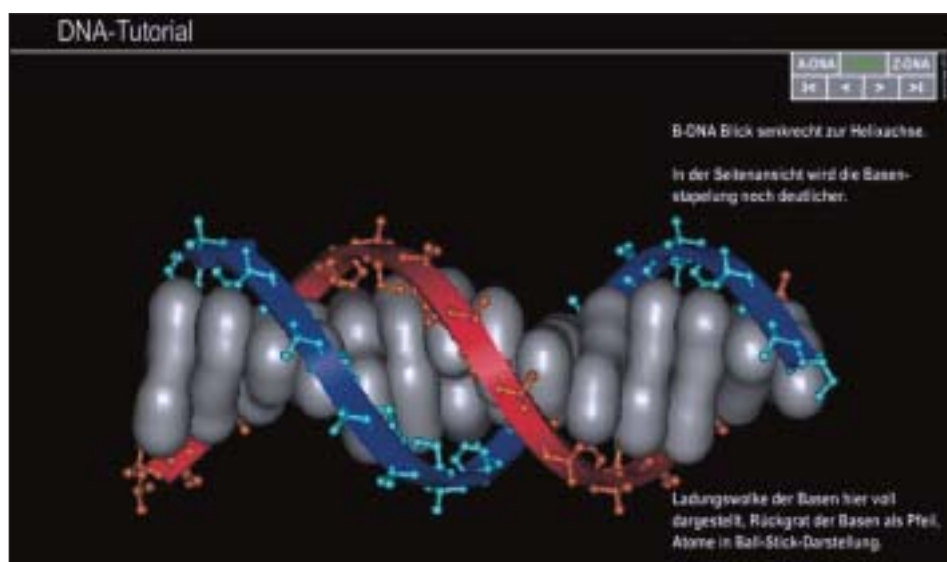


Abb. 7. DNA-Tutorial zum Vergleich der A-; B- und Z-DNA

Am Beispiel der Makromolekularen Chemie lässt sich die Vernetzung des Basiswissens aus Organischer Chemie (Synthese von Monomeren und Polymeren), Anorganischer Chemie (Katalyse und Katalysatoren bei der Synthese), Physikalischer Chemie (Analytik und Molmassenbestimmung), Physik, Mathematik und Technischer Chemie (Verfahrenstechnik) eindrucksvoll demonstrieren.

Die Grundlagen der Makromolekularen Chemie werden an einfachen Beispielen wie dem Styrol dargestellt, da dieses sowohl radikalisch, anionisch, kationisch als auch mittels Ziegler-Natta-Katalysatoren polymerisiert werden kann. Andere Monomere werden als Bausteine für typische Massenkunststoffe wie Polyethen, Polypropen oder für Spezialitäten (z.B. hochtemperaturfeste, lichtemittierende oder leitfähige Kunststoffe) eingeführt. So wird ein im Vergleich zu gängigen Lehrbüchern breiteres Wissensspektrum mit Vernetzung innerhalb des Lernstoffes der Makromolekularen Chemie angeboten. Mit Animationen werden schwierige Themen veranschaulicht, beispielsweise das Reaktionssystem der radikalischen Polymerisation (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo5.html>).

## Die Technische Chemie

Ausgewählte Studieninhalte der Technischen Chemie werden in vier grossen Modulkomplexen – „Grundlagen und Auslegung von Reaktorsystemen“, „Reaktionstechnik“, „Grundoperationen“ und „Industrielle Aspekte der Herstellung von chemischen Verbindungen“ – durch anschauliche multimediale Komponenten an solchen Punkten ergänzt, die erfahrungsgemäss mit traditionellen Medien nur schwer zu ver-

mitteln sind. So kann beispielsweise bei der Erläuterung grosstechnischer Prozesse das Mittel der Animation gewinnbringend eingesetzt werden. Anstatt „Momentaufnahmen“ von Zuständen der Industrieanlage machen zu müssen, können die Stoffströme durch die Anlage direkt am Bildschirm mitverfolgt werden (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo6.html>).

Ein weiteres Vorhaben ist das „Virtuelle Praktikum Technische Chemie“. Hier wird den Studierenden eine Plattform angeboten, über die eine Vorbereitung, Simulation und reale Durchführung von Praktikumsversuchen möglich ist.

1. Ein Grundlagenmaterial führt in das für den jeweiligen Praktikumskomplex notwendige Wissen ein, erläutert den Aufbau und die Funktionsweise der entsprechenden Praktikumsanlage und zeigt Anwendungsbeispiele.

2. Zu jedem Komplex steht eine interaktive Versuchssimulation unabhängig von Ort und Zeit zur Verfügung.
3. Es besteht die einzigartige Möglichkeit, ausgewählte Versuche, die real im Praktikumssaal der Technische Chemie in Leipzig und in Oldenburg stehen, *via* Internet-/Standardbrowser zu steuern und zu beobachten. Derjenige, der den Versuch durchführen will, kann von einem beliebigen Ort aus und zu einer beliebigen Zeit auf die Versuchsanlage zugreifen. Er darf den ausgewählten Versuch starten, stoppen und versuchsrelevante Parameter beeinflussen. Zur Beobachtung werden ihm die aktuellen Messwerte sowie über Kameras Live-Bilder vom Versuchsstand in seinem Browserfenster angezeigt (Abb. 8).

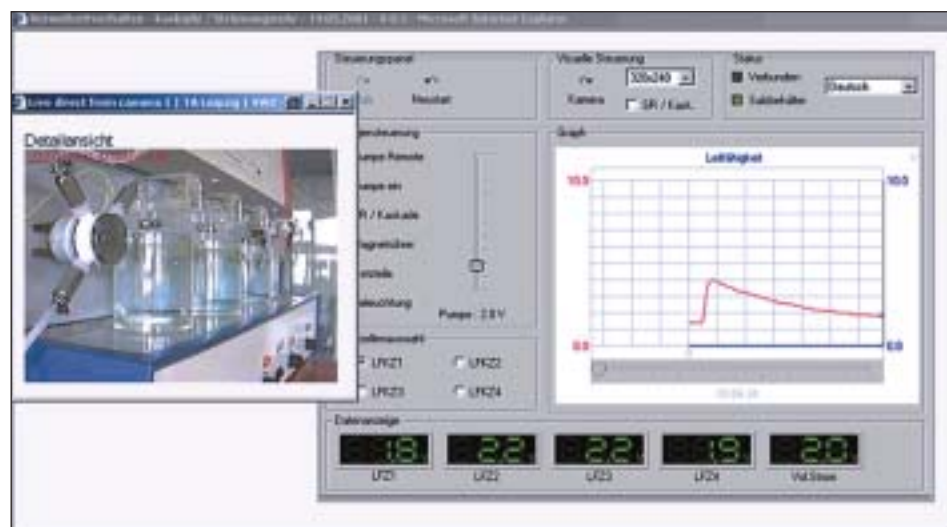


Abb. 8. Web-Online-Steuerung einer Rührkesselkaskade im Praktikumssaal der Technischen Chemie

## Die Analytische Chemie

“Analytical chemistry is a scientific discipline that develops and applies methods, instruments and strategies to obtain information on the composition and nature of matter in space and time.” (Division of Analytical Chemistry (DAC) der Federation of European Chemical Societies (FECS), <http://www.dac-fecs.org/>).

Ganz im Sinne dieser Definition lernen die Studierenden nicht nur die verschiedenen Methoden der instrumentellen Analytik, ihre Einsatzmöglichkeiten und Grenzen kennen, sondern erfahren mit anschaulichen Beispielen die Arbeitsweise eines analytisch arbeitenden Chemikers. Zur Lösung analytischer Fragestellungen ist sowohl ein breites Methodenwissen als auch die Erfassung und Bewertung der Randinformationen zu der konkreten Problemstellung notwendig. Das erfordert ein interdisziplinäres Denken, wobei die vernetzte Struktur dieses Projektes ideale Voraussetzungen bietet.

Das Wissen über die Analysemethoden der angewandten Spektroskopie (IR, Raman, UV/VIS, NMR, AAS), Massenspektrometrie, Chromatographie (HPLC, GC, DC) und der angewandten Elektrochemie wird umfassend und anschaulich vermittelt. Umfangreiche Module zur Datenerfassung, -bearbeitung und -bewertung werden zur Verfügung gestellt. An lebensnah aufgearbeiteten Anwendungsbeispielen (Vitamin C, Rüstungsaltslasten, Coffein...) werden die problemorientierte Arbeitsweise

der Analytiker und die sich ergänzenden analytischen Methoden für den Studierenden erlernbar.

Einen besonderen Stellenwert nimmt das virtuelle Gerätepraktikum Analytische Chemie ein. Durch dieses soll den Studierenden ein „Trockentraining“ in anwendungsnaher Form ermöglicht werden. Das kann zu einem intensiveren Experimentieren trotz der sehr begrenzten Praktikumszeit führen. Ausserdem schont dieses Ergänzungsangebot die realen Geräte und Ressourcen, so dass der Nutzer auch Fehler machen darf. Zur Verfügung stehen werden ein virtuelles UV/VIS-Spektrometer, ein virtueller Gaschromatograph (Abb. 9, (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo7.html>), ein Polarograph (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo8.html>), ein IR-, ein NMR-, ein Raman-Spektrometer und ein Massenspektrometer.

Themenbereiche aus dem Gebiet der analytischen Sensorik werden ebenfalls im VS-C-Projekt vermittelt. Die Vielfalt der analytisch genutzten Sensoren schlägt Brücken zu vielen chemischen und physikalischen Prinzipien (Optik, Adsorption, Elektrochemie...) bis hin zu Biochemie und Molekularbiologie.

## Die Physikalische Chemie

Alle chemischen Teilgebiete sind inhaltlich untrennbar miteinander verbunden. Und sie bedürfen mit grösster Selbstverständlichkeit des Wissens und der Werk-

zeuge, die aus den Bereichen physikalische und theoretische Chemie, Mathematik und Physik entstammen.

Die typischen Lehrinhalte Zustandsverhalten, Chemische Energetik, Chemisches Gleichgewicht, Grundlagen der Elektrochemie und Transportvorgänge, Kinetik (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo9.html>) und Thermodynamik werden im VS-C von unterschiedlichen Wegen und in verschiedenen Niveaus erschlossen. Bei der Erarbeitung des Stoffes wird insbesondere die Interaktivität und ein problembezogenes Lernen betont.

Die Physikalische Chemie ist sehr eng mit den anderen Gebieten der Chemie verknüpft, was durch die vernetzte Struktur des VS-C sehr begünstigt wird. Das Wissen der physikalischen Chemie benötigen die Studierenden z.B. sowohl beim Verständnis der instrumentellen analytischen Methoden als auch bei der Reaktionsführung in der Makromolekularen und Technischen Chemie und bei den Vorgängen der Biochemie.

## Die Theoretische Chemie

Der in den letzten zehn Jahren erzielte Fortschritt der Theoretischen Chemie und die erreichte Güte und Akzeptanz von Computeranwendungen im molekularen Bereich findet seinen Ausdruck darin, dass im 6-semesterigen Basisstudium Chemie die „Theoretische Chemie“ als eigenständiges Fach an die Seite der traditionellen Fächer gestellt wird.

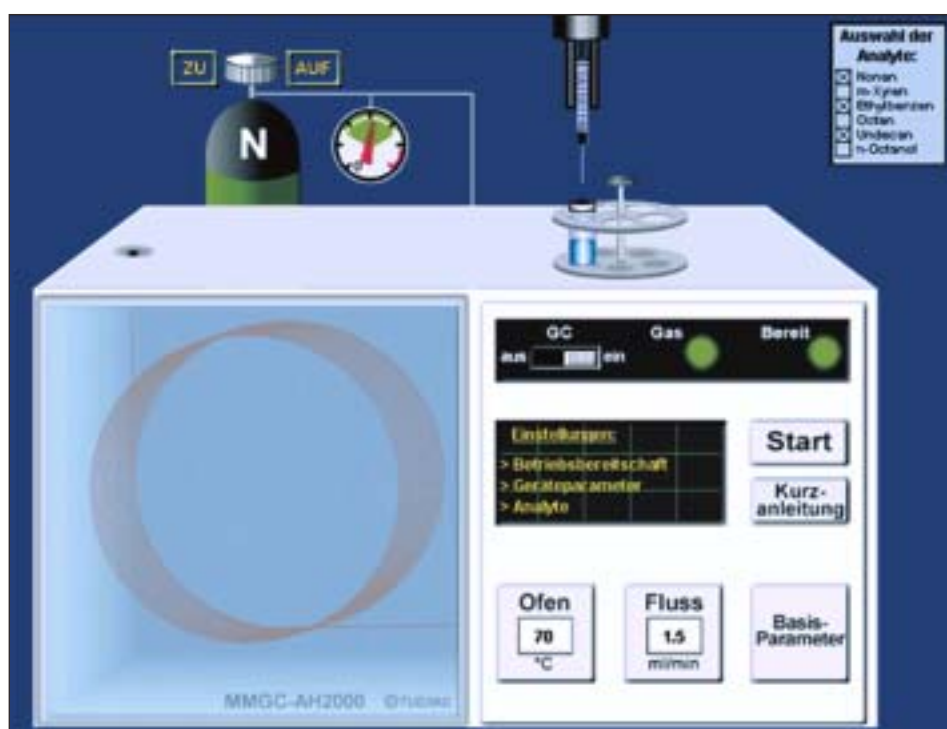


Abb. 9. Virtueller Gaschromatograph



In der Theoretischen Chemie werden die quantenmechanischen Grundlagen und die MO-Methoden sowie deren komplexe Zusammenhänge in zahlreichen Animationen und Java-Applets verständlich visualisiert. Weiterhin kann der Lernende quantenchemische Rechenverfahren (HMO, MOPAC, Gaussian98 u.a.) für Computerexperimente einsetzen und die berechneten Elektronenstrukturen zur Interpretation chemischer Probleme und der Vorhersage von 3D-Strukturen, Spektren und der chemischen Reaktionsfähigkeit nutzen. Konzepte, die auf der Basis von Elektronendichten, Orbitalen und deren Symmetrien beruhen, ermöglichen ein ursächliches Verständnis molekularer Strukturen und Prozesse und sind heute als wesentliche Grundlagen der Chemie und chemischen Forschung unverzichtbar. Zum Beispiel werden mit den modernen Methoden des Molecular Modeling neue und wirksamere Wirkstoffe konzipiert. Auf diese Weise wird die Bedeutung der theoretischen Chemie zur Lösung praktischer Probleme durch Selbsttätigkeit erfahren und ein forschendes Lernen mit hoher Motivierung initiiert.

### Chemie im Nebenfach

Die chemischen Grundlagen werden den Studierenden im Nebenfach Chemie anderer Studienrichtungen meist in grosser Fülle und Geschwindigkeit beigebracht. Das VS-C-Projekt bietet den Lernenden eine gute Ergänzung, um die Fülle zu verarbeiten, Unverstandenes auf andere Art und Weise zu erschliessen und schnelle Überblicke zu erhalten. Angefangen vom Atombau über die Chemische Bindung bis zu Säure-Base-Reaktionen (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo10.html>) ist alles anschaulich aufbereitet. Besonders durch die Simulationen im Praktikumsabschnitt der Allgemeinen Chemie gewinnt der Nutzer plastische Vorstellungen.

In dem Teilprojekt „Chemie für Mediziner“ steht ein umfassender multimedialer Studiengang „Chemie für Mediziner“ zur Verfügung. Dieser ist am Gegenstandskatalog orientiert, enthält aber auch zahlreiche biochemische und medizinische Exkurse. Da die Kapitel modular aufgebaut sind, können die einzelnen Komponenten vom Dozenten in der Vorlesung verwendet, zugleich aber auch von den Studierenden zur Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltungen genutzt werden.

In ähnlicher Weise werden aus den vorhandenen Modulen der verschiedenen Chemiefachgebiete lerngruppenspezifisches Material zusammengestellt und angepasst, so dass Studierende in der Nebenfachaus-

bildung Chemie, Fachhochschulstudenten, Studierende des Lehramtes, Schüler der Leistungskurse im Gymnasium, Berufsschüler, aber auch Studierende der Anfangssemester mit Hauptfach Chemie von dem VS-C-Material profitieren können.

### Die Chemoinformatik

Mit der progressiven Zunahme chemischer Daten (z.Zt. sind etwa 20 Millionen chemische Verbindungen bekannt) und der individuellen Möglichkeit auf viele Daten dieser Verbindungen, wie Strukturen, Eigenschaften und Reaktionsweisen, online im World Wide Web zuzugreifen, müssen neue und effizientere Wege zur Wissensaneignung genutzt werden. Daher muss es obligatorisch sein, dass Studierende schon frühzeitig mit der Nutzung von Datenbanken konfrontiert werden. Nur so können sie das Verständnis für deren Einsatz entwickeln.

Die entwickelten Module zur Chemieinformation dienen der Vermittlung der notwendigen praktischen Kenntnisse zur Informationsbeschaffung in der Chemie und legen inhaltliche und methodische Grundlagen für die individuelle Informationskompetenz. Dies geschieht vor allem durch kommentierte, praktische Recherchebeispiele mit Hintergrundinformation über Probleme und Schwachstellen von Datenbanken und anderen Informationsquellen. Solche „meta-Information“ ist bis jetzt unzureichend verfügbar, für eine kritische Bewertung der Suchergebnisse und der Einschätzung von deren Zuverlässigkeit aber unverzichtbar. Ein weiteres Ziel dieser Module ist die bessere Etablierung der Chemoinformatik im Unterricht, denn dieses Teilgebiet der Chemie ist im bisherigen Fächerkanon untervertreten.

Eine VS-C-Strukturdatenbank wurde eingerichtet, in der alle im Projekt verwendeten chemischen Strukturen suchbar und nutzbar sind. Sie steht allen Entwicklern zur Verfügung und wird sukzessive durch sie mit Molekülstrukturen gefüllt.

Ein weiteres wichtiges Werkzeug ist der entwickelte VS-C-Moleküleditor. Über dieses Interface können aus 2D-Molekülstrukturen 3D-Koordinaten zur entsprechenden Struktur berechnet werden (Kraftfeldrechnung). Die erzeugte 3D-Struktur kann entweder direkt als Chime dargestellt oder im PDB- und Molfile-Format heruntergeladen werden.

Im Rahmen des fachübergreifenden Teilprojektes „Eingabe, Repräsentation und Visualisierung chemischer Strukturen und Reaktionen“ werden Methoden zur graphischen Eingabe und zur Codierung von che-

mischen Strukturen und Reaktionen entwickelt und den anderen Projektpartnern zur Verfügung gestellt.

### Die Physik

Im Teilprojekt Physik des VS-C werden multimediale Lernmodule zu Inhalten der Physik erstellt, wie sie zum Grundstudium des Chemiestudiengangs gehören. Vom gesamten zu vermittelnden Lernstoff wurden solche Inhalte ausgewählt, von denen bekannt ist, dass sie besondere Lernschwierigkeiten bereiten, und bei denen sich die Lernchancen durch eine angemessene mediale und interaktive Aufbereitung entscheidend verbessern sollten. Leitlinie beim Erstellen der textbasierten Lerneinheiten ist, dass durch Bilder, Videos, Animationen und Simulationen nicht nur Phänomene gezeigt werden, sondern zusätzlich Struktur Aussagen durch geeignete Darstellungen (Codierungen) aussagekräftig visualisiert werden. Insbesondere werden dazu als Verständnishilfe im Kontext des dargestellten Vorgangs dynamische Repräsentationen eingesetzt, die relevante physikalische Grössen ikonisch als Vektoren, Breitpfeile, Flächen *etc.* darstellen. Ein weiteres Spezifikum der bisher erstellten Lernmodule ist der Einsatz von speziellen Modellbildungen, die bereits eine Simulationsoberfläche enthalten und die dadurch die Vorzüge von offenen Modellbildungen mit denen von fertigen Simulationen vereinen. Da in diesen Programmen die JPAKMA-Software für Modellbildungen voll verfügbar ist, kann nicht nur jederzeit der Ablauf wie in einer Simulation gezeigt werden, es kann auch das zu Grunde liegende Wirkungsgefüge als grafisches Netzwerk angezeigt und auch verändert werden (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo11.html>). Die didaktische Intension ist, dass sich die Lernenden mit den unterschiedliche Darstellungen von Strukturaussagen auseinandersetzen und dadurch ihre physikalischen Vorstellungen erweitern.

### Die Themenreisen

Themenreisen – wie sie aus modernen elektronischen Enzyklopädie-Projekten (z.B. Encarta) bekannt sind – stellen typische Multimedia-Anwendungen dar. In ihnen bewegt man sich durch ein Informationsangebot über ein spezielles, eng gefasstes Gebiet (z.B. Erfinder, Musikinstrumente oder in der Chemie z.B. Atommodelle oder Wirkstoffe). Sie haben das Ziel, Zusammenhänge, Unterschiede, Besonderheiten usw. aufzuzeigen bzw. gegenüberzustellen und

bieten dem Benutzer die Gelegenheit, sich zu einem gegebenen Thema entlang einer Leitlinie, angefangen bei historischen Hintergründen bis hin zum neuesten Stand des Wissens und der Technik, zu informieren. Dabei kann vertiefend auf den grossen Wissensfundus im Gesamtprojekt zugegriffen werden. Die Themenreisen können Startpunkte liefern, um sich als Lernender einem klassischen Lehrgebiet der Chemie motiviert zuzuwenden (z.B. Symmetrie). Die Themenreise als Methode zur Wissensvermittlung ist ein wichtiger Bestandteil der interdisziplinären Darstellung der einzelnen Stoffinhalte.

Das Gebiet der Wirkstoffe (<http://www.vs-c.de/beispiele/demo12.html>) stellt hierfür ein hervorragendes Beispiel dar. Es führt organisch- und physikalisch-chemische mit biochemischen und pharmakologischen Grundlagen und Betrachtungsweisen zusammen. Hinzu kommt, dass die heutige Wirkstoffentwicklung (Drug Design) ganz entscheidend durch die modernen Computertechniken und die multimedialen Darstellungsmöglichkeiten gewonnen hat, sich also auch unter diesem Aspekt für eine Themenreise anbietet. Dieses gilt sowohl in Bezug auf die Berechnungen und Simu-

lationen, als auch auf die Visualisierung der Wechselwirkung zwischen Wirkstoff und Wirkort. Weitere Themenreisen gibt es zu „Dioxinen“ und „Vitamin A“ ([Abb. 10, \(http://www.vs-c.de/beispiele/demo13.html\)](http://www.vs-c.de/beispiele/demo13.html)).

### Die Evaluation

Die von den Projektmitarbeitern geschaffenen Einzelmodule werden von erfahrenen Facheditoren überprüft und falls notwendig korrigiert. Ausserdem werden die Lerninhalte und Werkzeuge einer repräsentativen Anzahl von Studierenden zum Testen vorgelegt. Sie sollen ihre Vorschläge zur Verbesserung so früh wie möglich einbringen, so dass die Entwickler so endnutzerfreundlich wie möglich arbeiten können. Das Spektrum der Studierenden eines Semesters ist recht breit gefächert, angefangen vom „Computer-Muffel“ bis hin zum „Multimedia-Freak“.

Zur Bewertung des Materials erhalten die Studierenden Fragebögen, die vor allem durch die Möglichkeit zu Freitexteintragungen für die Entwickler sehr nützlich sind. Bei der Auswertung der ersten Evaluierungsstudien (z.B. zu den Themen vir-

tueller GC, Teilgebiete der instrumentellen Analytik, der physikalischen Chemie und der Organischen Chemie) wird deutlich, dass eine hohe Akzeptanz bei den Studierenden vorhanden ist. Die grafischen Elemente im präsentierten Material wurden dabei stets als sehr förderlich für das Verstehen angesehen ([Abb. 11](#)). Multimediale Elemente werden von den Studierenden beim Lernen am Computer bevorzugt. Bei einer Studie in Dresden wünschten sich rund ein Viertel der befragten 45 Studenten noch mehr multimediale Elemente, Übungsaufgaben zur Selbstkontrolle und möglichst viele Anwendungsbezüge im Lernstoff. Lange Textseiten wurden als ermüdend und in Papierform angenehmer empfunden.

Als Resümee aus den Ergebnissen der Evaluation ergibt sich:

- Das bisher innerhalb des Projektes „Vernetztes Studium – Chemie“ geschaffene Lernmaterial wird von den Lernenden mit grosser Resonanz angenommen.
- Schwerpunktmässig muss zukünftig an einer Vervollkommnung der Animationen und Kontrollaufgaben gearbeitet und auf eine kurze prägnante Gestaltung der Lernstoffseiten geachtet werden.

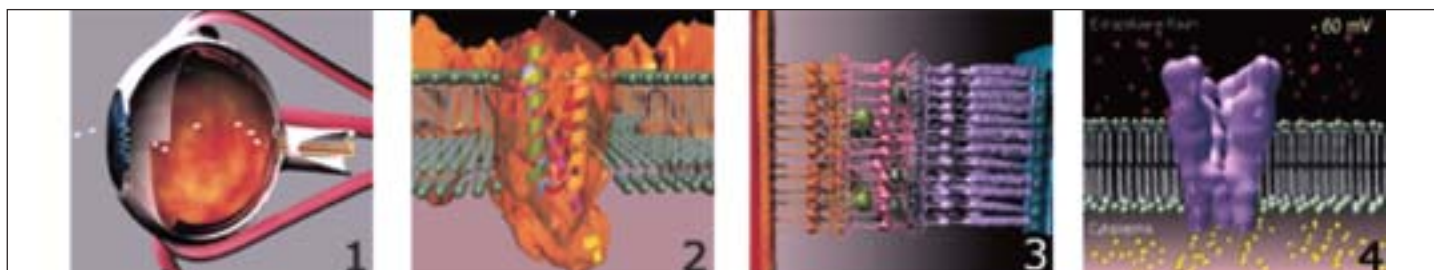


Abb. 10. Bilder aus dem Video „Funktion des Vitamin A beim Sehvorgang im Auge“ (1 – Aufbau des Augapfels, 2 – Rhodopsinmolekül in der Membran, 3 – Aufbau der Netzhaut, 4 – Ionenkanal)

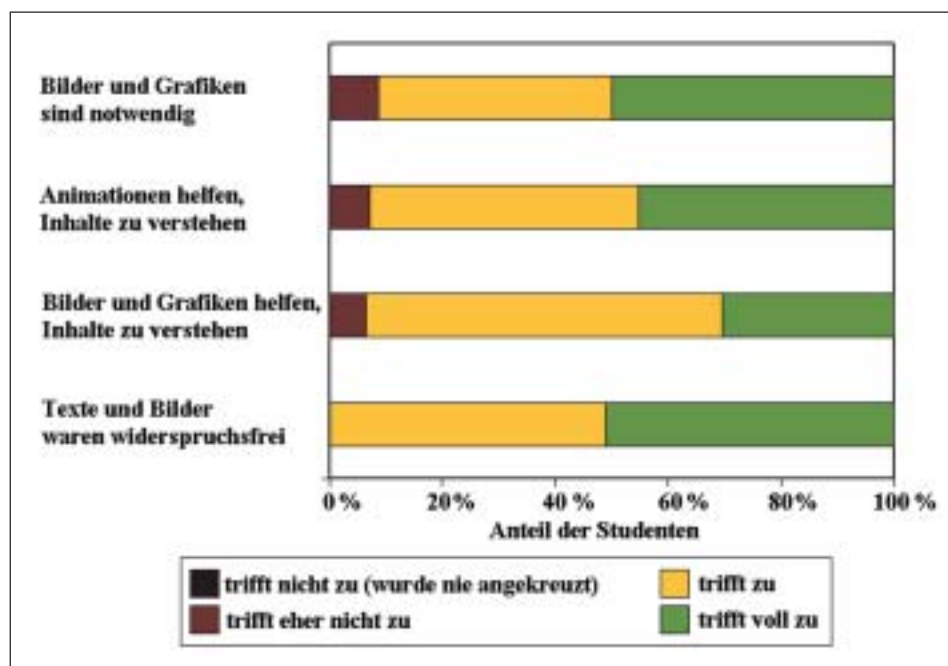


Abb. 11. Mittlere Bewertung durch 45 Studierende der TU Dresden nach dem Durcharbeiten von Teilen aus dem Lehrgebiet „Instrumentelle Analytik“

In der noch verbleibenden Projektlaufzeit wird die Evaluation mit grossem Engagement an einem breiteren Personenkreis fortgesetzt, um letztendlich ein komfortables und anwenderfreundliches Lernprogramm anbieten zu können.

## Ausblick

Das Projekt „Vernetztes Studium – Chemie“ kann und will nicht den gesamten Stoff der Chemie neu aufarbeiten. Es stellt eine exemplarische Stoffsammlung und Darstellung dar, die nach der finanzierten fünfjährigen Projektdauer etwa die Hälfte des Stoffes für das Basisstudium abdecken soll. Derzeit sind etwa  $\frac{3}{4}$  dieses Stoffes erarbeitet, allerdings noch nicht in der endgültig vorgesehenen Ablaufumgebung. Sobald die Umstellung auf XML abgeschlossen ist, wird die Vervollständigung des Materials und die endgültige Vernetzung der Inhalte grösste Priorität erhalten. Folgende wichtige Aufgaben stehen bis zur Vollendung des Produktes „Vernetztes Studium – Chemie“ noch im Programm. Sie betreffen die zentralen Eigenschaften des Produktes, Nachhaltigkeit des Datenformates (XML), Vernetzung und Vervollständigung der Inhalte sowie bessere Standardisierung von Stil, Didaktik und Inhalten.

### • **Inhalt:**

Im Zyklus des kritischen Überarbeitens der Lehrinhalte in der letzten Phase des Projektes werden Anpassungen durch die Weiterentwicklung des Lehrkonzeptes „Würzburger Modell“ zu einem europaweit vereinheitlichten Chemiestudium vorgenommen. Ausserdem werden die Anmerkungen, Korrekturen und Vorschläge der wissenschaftlichen Fachberater eingearbeitet. Wertvoll sind auch die Verbesserungen, die sich aus den Evaluationsstudien mit den Studierenden ergeben. Nicht zuletzt erfolgt eine bessere Zusammenführung der verschiedenen Teilprojekte.

### • **Technik:**

Die Nacharbeiten an der technischen Umsetzung werden sich vor allem auf die Vernetzung und Vereinheitlichung konzentrieren. Dabei geht es nicht nur um ein einheitliches Layout, eine durchgängig einheitliche Navigation und eine fehlerrobuste dynamische Generierung der Seiten für den Endnutzer, sondern auch um eine einheitliche Begriffssammlung. Die Chemie-Fachbegriffe sind dabei nicht unproblematisch.

Zu vervollkommen sind ausserdem solche Werkzeuge wie Suche, Glossar und Nutzerverwaltung. Eine straffe Weiterentwicklung des XML-Formats in der Ausfüh-

rung VSCML ist dazu die Voraussetzung. Der typisch chemische Anteil in den Lehrseiten stellt dabei eine grosse Herausforderung dar.

### • **Zukunft:**

Die im Projekt erreichte Aufbereitung des chemischen Lehrstoffes muss auf den vollen Umfang des Basisstudiums ausgebaut, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert werden. Dies soll zumindest teilweise unter Einbeziehung aller interessierten Hochschullehrer erreicht werden, wozu eine geeignete Form noch zu finden ist. Eine Erweiterung der Lehrinhalte aus Nebenprojekten und die Verfügbarmachung des Materials in anderen Sprachen sind geplant.

## Zusammenfassung

Das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert seit 1999 das Leitprojekt „Vernetztes Studium – Chemie“, in dem 16 Hochschulgruppen in Deutschland, der Schweiz und Grossbritannien zusammenarbeiten. Hier entsteht weltweit erstmalig eine einheitliche elektronische Plattform für das Bachelor-Studium. Sie stellt ein eng geknüpftes Netz von Wissensmodulen dar, durch das gemäss den unterschiedlichen Ausbildungsbedürfnissen selektiv navigiert werden kann.

- Die Lehr- und Lerninhalte des Basisstudiums Chemie werden interaktiv-multimedial aufbereitet, elektronisch vernetzt und mit Übungen und Lernkontrollen versehen.
- Die Wissensmodule lassen sich nach den individuellen Ausbildungsbedürfnissen, Studiengangs- und Prüfungsanforderungen zusammenstellen.
- Die Module werden sowohl von Fachberatern als auch von Studierenden in den Lehrveranstaltungen der Projektpartner kritisch bewertet und anschliessend optimiert.

Das VS-C-Projekt leistet einen wichtigen Beitrag für die Neugestaltung der Chemikerausbildung unter den Gesichtspunkten Effizienz, Qualität und Nachhaltigkeit. Es schafft darüber hinaus die Grundlage für die Harmonisierung des Chemiestudiums in Europa und in der ganzen Welt.

Eingegangen am 23. Januar, 2003

## Danksagung

Die Autoren möchten sich bei allen Projektpartnern für die umfangreichen Zuarbeiten bedanken, ohne die diese Veröffentlichung nicht in dieser Form möglich gewesen wäre: H. Bögel, R. Spiske; R. Deplanque, G. Brzoskniewicz, G. Zimmermann; G. Fels, U. Höfker, H. Hildebrandt; J. Gasteiger, T. Engel; G. Gauglitz,

M. Reichert; R. Herges, F. Köhler; D. Heuer, M. Suleder; M. Kröger, K. Meyer-Rogge; A. Maelicke, L. Kürz; O. Nuyken, H. Samarian; H. Papp, R. Moros; F. Rössner, H. Schneider; D. Steinborn, C. Bruhn; D. Ziessow; E. Zass.