


<b>Benedikt Voegtli : Augmented Collaboration</b>		
<b>Intro</b>	<b>Abstract</b> <b>Purpose</b> <b>Past</b>	
<b>Concepts</b>	<b>Attitudes</b> <b>Strategies</b> <b>Modalities</b>	
<b>Partners</b>	<b>Students</b> <b>Teachers</b> <b>Institutions</b>	
<b>Spaces</b>	<b>Buildings</b> <b>Exhibitions</b> <b>Interspaces</b>	
<b>Output</b>	<b>Workshops</b> <b>Projects</b> <b>Events</b>	<p>Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Design und praktischen Gebrauch von greifbaren Benutzerschnittstellen (Tangible User Interfaces). Virtuelle Modelle, die mit realen (Symbol-) Objekten als Schnittstelle und Werkzeug (User-Interface) einen kollaborativen Austausch ermöglichen, wurden erforscht und prototypisch aufgebaut.</p>
<b>Extras</b>	<b>Business</b> <b>Statements</b> <b>Glossary</b>	<p>Wir erstellten eine Installation für einen oder mehrere Benutzer, die als visuelle Interaktionsplattform eine Synthese des realen und virtuellen Raums bildet. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Verhaltensweise, den vielschichtigen Bedeutungsebenen und Wechselwirkungen zwischen den durch Symbole repräsentierten Objekte. Das für diese Arbeit benötigte umfangreiche und breit gestreute Fachwissen aus Optik, Mathematik, Molekularchemie, Software-Architektur und 3D-Programmierung, verweist auf den interdisziplinären Charakter des Projekts. Bei der Bearbeitung stellte sich der klassische Begriff "Augmented Reality" als unzureichend heraus, da es sich bei meinen Entwicklungen um kollaborative Formen handelt, die beispielhaft für den Bereich Chemie umgesetzt wurden.</p>

## Einführung

Die Absicht dieser Arbeit ist es, die Vorteile eines greifbaren User Interfaces als Teil einer Augmented Reality (AR) Umgebung für eine 3D-Anwendung aufzuzeigen. Wie kann die Integration von Virtualität und Realität in einer Anwendung erreicht und genutzt werden? In welchen Anwendungsbereichen ist eine räumliche Eingabesteuerung besonders geeignet? Im Folgenden beleuchte ich Grundzüge und Eigenschaften von AR und gebe einen Überblick aktueller Forschungsergebnisse.

### Augmented Reality (AR)

Anstatt den Benutzer in einer künstlichen Welt einzuschliessen, erlaubt AR den Gebrauch von normalen, alltäglichen Objekten, die dann erweitert oder angereichert werden mit Computerfunktionen. Diese Definition von 1993[1] erwähnte den Begriff "Augmented Reality" zum ersten Mal in einer wissenschaftlichen Publikation. Dies geschah zu einem Zeitpunkt, als die technophile Fachwelt noch über die Verheissungen von "Virtual Reality" (VR) sinnierte und uns eine Zukunft voraussagte, in der wir in computergenerierte Welten eintauchen würden. Die anfängliche Euphorie für Virtual Reality ist inzwischen deutlich abgeflacht, dafür sieht die EU in Augmented Reality eines der wichtigsten Forschungsgebiete der jetzigen Dekade [2].

### Tangible User Interfaces (TUI)

Das Ziel der Forschung auf dem Gebiet der Tangible User Interfaces ist es, reale Objekte als Input- /Outputwerkzeuge eines Computers zu gebrauchen. Dazu gehört auch, dass es mehrere Eingabewerkzeuge geben kann. Diese Form von räumlich verteilter Eingabesteuerung nennt man auch "space multiplexed". Das heisst, verschiedenen Elementen im Raum (z.B. auf einem Tisch) können verschiedene Funktionen zugeordnet werden. Jede dieser Funktionen kann unabhängig und gegebenenfalls auch gleichzeitig angesprochen werden. Im Gegensatz dazu ist eine Computermaus "time multiplexed", da man nur eine Aktion zu einem bestimmten Zeitpunkt ausführen kann [3].

### Reale Repräsentation von digitalen Informationen und Modellen

In einer Vergleichsstudie der Tangible Media Group vom MIT Media Lab wurden die räumlichen Organisationsstrategien von Graphical User Interfaces (GUI) und Tangible User Interfaces (TUI) verglichen [4]. Den Probanden wurde die Aufgabe gegeben, kurze

	<p>Zeitungsartikel zu ordnen und dabei die Zusammenhänge zwischen den Texten in Betracht zu ziehen. Die TUI-Gruppe durfte dazu Holzblöcke zu Hilfe nehmen, die mit den Texten assoziiert waren, während die GUI-Gruppe Icons auf dem Bildschirm benutzte. Bei der Aufgabe die Informationen wieder aufzufinden, die sie vorher abgelegt hatten, erzielten die TUI-Probanden deutlich bessere Resultate. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass es einfacher ist, Elemente in einem TUI zu verschieben als in einem GUI, da man beide Hände dazu benutzen kann und dabei ein direktes haptisches Feedback hat. Zusätzlich könnte man die Klötze z.B. mit Etiketten kennzeichnen, übereinander stapeln oder sie irgendwo auf einer Arbeitsfläche platzieren.</p>
<p><b>3D Navigation</b></p>	<p>Einige aktuelle AR-Systeme erkennen über ihre optische oder elektromagnetische Sensorik nicht nur die Position, sondern auch die genaue Ausrichtung bestimmter Objekte in unserer natürlichen Umgebung. Das können wir uns bei der Arbeit an dreidimensionalen (3D) Modellen zunutze machen, indem wir diese nun direkt manipulieren können, in der gleichen Art wie wir auch mit realen Werkzeugen und Artefakten umgehen. Natürliche Körperbewegungen können so besser in eine Anwendung integriert werden. Ein geläufiger Vorgang in herkömmlichen GUIs ist z.B. das "Drag and Drop", mit dem wir Dokumente verschieben und in Ordnern ablegen. In einer AR-Umgebung entsprechen die Dokumente auch realen Objekten, d.h. wir können sie in die Hand nehmen und von allen Seiten betrachten, was besonders im Umgang mit 3D-Modellen sehr nützlich sein kann.</p>
<p><b>Mixed Reality, Immersion und Wearables</b></p>	<p>Viele AR-Systeme setzen den Gebrauch von mit Kameras ausgestatteten Head Mounted Displays (HMD) voraus. Handelt es sich um Mehrbenutzer-Anwendungen muss jedes dieser Displays von einem eigenen Rechner angesteuert werden. Manche Systeme benutzen gar drahtlos vernetzte Laptops, die der Benutzer an sich trägt. Mobile Anwendungen, wie sie von Studierstube [5] entwickelt werden, sind eng mit der Erforschung von Wearables (tragbare Computer) verknüpft. Fortschritte auf diesem Gebiet (z.B. die Entwicklung von marktreifen, erschwinglichen Produkten) könnten einen Durchbruch bedeuten und mittelfristig dazu führen, dass AR auch Einzug in unser Berufs- und Alltagsleben hält. Das von der Industrie gesponserte, deutsche Projekt Augmented Reality for Development, Production and Servicing (ARVIKA [6]) bietet zum Beispiel Lösungen, die Ingenieure</p>

bei ihrer Arbeit an komplizierten Geräten mit gezielten Anweisungen und Instruktionen unterstützen. Mit X-Ray Vision [7] vom Fraunhofer Institut für graphische Datenverarbeitung (IGD) soll es möglich sein, elektrische Leitungen und Rohre in Wänden zu sehen. So werden Informationen, die vorher vielleicht auf Plänen vorhanden waren, durch HMD's spezifisch und massstabsgetreu in die Umgebung des Benutzers integriert.

## Installationen

Um auch mit einem herkömmlichen Bildschirm oder Projektor ein Gefühl der direkten Manipulation von virtuellen Objekten zu erzielen, muss man die Phantasie bemühen und Metaphern zu Hilfe nehmen. So könnte etwa ein Web-Pad oder ein Flachbildschirm zu einer Fenster-Metapher werden, wenn sich dahinter eine Kamera verbirgt. [11] Eine andere, verwandte Metapher ist der Spiegel. Eine Kamera nimmt alles auf, was sich vor dem Bildschirm befindet und stellt es auf dem Bildschirm dar. Somit entsteht für den/die BenutzerIn der Eindruck eines Spiegels. Das entstandene Bild wird dann zusammen mit Computergrafik zum "magisch" erweiterten Spiegelbild

## Evaluieren eines AR-Systems

Ein Augmented Reality-System ist ein Art Betriebssystem und eine Plattform für AR-Anwendungen. Ich habe deshalb mehrere AR-Systeme auf Ihre Eignung als Entwicklungsplattform untersucht. Wichtige Kriterien bei der Auswahl eines AR-Systems waren Preisgünstigkeit, Transparenz, vielseitige Einsetzbarkeit und einfache Erweiterbarkeit. Industriell eingesetzte AR-Systeme funktionieren zwar sehr zuverlässig und präzise, sind aber zumeist wenig flexibel und sehr kostspielig. Nachdem ich mir die unten aufgeführten Systeme angeschaut hatte, entschied ich mich schliesslich für die Verwendung von ARToolkit.

### **ARToolKit**

ARToolKit [8] hat sich als freie (Open Source) Software zum quasi-Standard für viele Forschungsprojekte entwickelt und erfreut sich grosser Beliebtheit. Nicht nur weil die Software kostenlos ist, auch die Hardware-Anforderungen sind minimal. Bereits ein handelsüblicher PC (Windows oder Linux) ausgerüstet mit einer WebCam, genügt, um mit ARToolKit zu experimentieren.

### **OpenTracker**

OpenTracker ist eine Entwicklung der Studierstube. Die Software baut auf ARToolKit auf und stellt zusätzlich eine objektorientierte Programmierschnittstelle in C++ zur Verfügung. Der Quellcode ist wie bei ARToolKit frei verfügbar. Zum Zeitpunkt der Evaluation war OpenTracker noch in einer frühen Entwicklungsphase. Vor kurzem ist die erste stabile Version veröffentlicht worden. In Zukunft könnte OpenTracker deshalb eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von AR-Anwendungen spielen.

### **Alternative, proprietäre Systeme**

Wie bereits einleitend erwähnt gibt es viele spezialisierte Systeme, die teilweise auch industriell eingesetzt werden können, wie z.B. ARGOS [9] oder BUILD IT [10] von der ETH Zürich, das Architekten bei der Planung unterstützt. Wegen der hohen Investitionskosten wurden solche Systeme im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter untersucht.

### **Prototypische Ansätze**

Im weiteren Projektverlauf versuchte ich das Potential von AR als Inspirationsquelle für eine Reihe von innovativen Entwürfen zu benutzen. Die nachfolgenden Abschnitte spiegeln einen Teil dieser freien Ideensammlung wider. Ziel dieser Projektphase war es, mögliche Anwendungsbereiche und Szenarien für AR und Tangible User Interfaces (TUI) zu finden, um schliesslich einen geeigneten Ansatz weiter zu entwickeln.

**Das Maskenspiel:** Eine Anwendung, die gut zum Spiegel-Setup passen würde (s. oben), könnte virtuelle Masken verwenden. Der User würde dazu ein Stirnband tragen, auf dem sich ein Marker befindet. Anhand dieses Markers kann das Gesicht des Users beliebig mit wechselnden Masken, Hüten oder sonstigen Accessoires versehen werden. Nun könnten Teilnehmer an verschiedenen Orten mit Ihren virtuellen, auswechselbaren Masken miteinander kommunizieren. Zur Sprachkommunikation würde der Benutzer zusätzlich noch ein Kopfhörer-Headset tragen. Ein Online-Conferencing Tool, welches anstelle von Videobildern frei wählbare Masken des Gesprächspartners zeigt.

**Augmented Memory:** Wie bei einem herkömmlichen Memoryspiel werden Karten gleichmäßig auf dem Tisch verteilt und von den Spielern nacheinander aufgedeckt. Auf den Karten befinden sich allerdings nicht einfach gleiche Bilderpaare, sondern 3D-Objekte, die in irgendeiner Weise zueinander passen. Deckt ein Spieler ein passendes Paar auf, interagieren die Objekte miteinander.

**Landschaftsgestaltung:** Auf einem drehbaren Terrain lassen sich Bäume pflanzen, Häuser bauen etc.

**Augmented Chemistry:** Ausflug in die Molekularchemie. Die Elemente des Periodensystems werden auf Karten gedruckt. In einem virtuellen Spiegel sehen wir den Aufbau einzelner Atome mit ihrem Kern und den sich in verschiedenen Umlaufbahnen kreisenden Elektronen. Als zusätzliches Interface-Element fungiert ein auf allen Seiten markierter und frei dreh- und wendbarer Würfel. An diesem können wir nun die einzelnen Atome andocken und zu einem Molekül aufbauen.

## Aufbau und Entwicklung eines

### Szenarios

„Augmented Chemistry“, der letzte der oben aufgelisteten Entwürfe wurde schliesslich weiterentwickelt. Bei der Auswahl wurden folgende Kriterien besonders beachtet:

- Die Anwendung sollte von Grund auf für Tangible User Interfaces konzipiert sein und den gesamten Funktionsumfang so integrieren, dass sie ohne Tastatur und Maus auskommt.
- Die Auswahl der Eingabewerkzeuge sollte für die jeweilige Anwendung natürlich wirken und möglichst intuitiv begreifbar sein.

– Die spezifische Qualität von dreidimensionalen Tangible User Interfaces sollte durch die Anwendung genutzt werden.

## Warum Molekularchemie

Dreidimensionale Molekülmodelle sind einfach zu erstellen, da sie im wesentlichen nur aus Kugeln und (Verbindungs-)Stäben bestehen. Trotzdem lassen sich Atome zu unendlich vielen Verbindungen kombinieren. Das Verständnis für diese, aus wenigen Grundelementen nach dem Baukastenprinzip entstehende Vielfalt, bleibt normalerweise nur Fachspezialisten vorenthalten. Es ist gerade für Wissenschaftler immer wieder ein grosses Anliegen, diese Kluft zwischen Laien und dem kleinen Kreis von Eingeweihten zu überwinden, Brücken zu schlagen und das Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge in der Gesellschaft zu fördern. Vor allem die weniger wirtschaftlich orientierte Grundlagenforschung befindet sich in einem dauernden Legitimationsdruck, nicht zuletzt, weil grosse Teile der Bevölkerung deren Arbeit nicht versteht und deshalb keinen Bedarf sieht, solche Forschung zu finanzieren. Hier könnte eine Anwendung, die den Benutzer spielerisch an eine komplexe Materie heranführt, einen wesentlichen Beitrag zur Annäherung leisten.

Bei der im nächsten Kapitel beschriebenen "Augmented Chemistry"-Installation liefert AR die Basis für eine komplette Anwendung, die über die "Erweiterung" (Augmentation) des Raums hinausgeht und Funktionen verwendet, die auch in einigen herkömmlichen Chemieprogrammen enthalten sind. Allerdings können wir mit dem AR-Interface direkt und darum sehr einfach auf die Formgebung beim Molekülbau Einfluss nehmen. Mit herkömmlichen Anwendungen ist dies nicht möglich, und selbst andere AR-Anwendungen, die mit Molekülen arbeiten, wie das SpaceCube-Projekt [12] von der Universität de Genève nutzen diese Eigenschaft nicht. Das Tangible User Interface ist bei meiner Molekülbau-Installation also nicht nur eine Zugabe sondern ein integraler und unverzichtbarer Bestandteil.

## Augmented Chemistry - eine interaktive Installation

### Grundidee



Abbildung 1: Augmented Chemistry Anwendung

Augmented Chemistry (AC) ist eine Anwendung, mit der interessierte Laien über ein haptisches Interface dreidimensionale Atom-Modelle betrachten und diese zu einfachen Molekül-Modellen zusammensetzen können.

Bei der Idee zu AC hatte ich zunächst an Kinder gedacht, die Lego-Steine zusammensetzen. Ganz ähnlich sollte auch diese Anwendung funktionieren. Wie mit Lego-Bausteinen gibt es auch beim Aufbau von Molekülen sehr viele Varianten, wie die Bausteine (Atome) zusammengesetzt werden können (Abbildung 1).

Die Installation funktioniert sowohl für einen einzelnen wie auch für mehrere Benutzer, da die Anzahl der Objekte, die gleichzeitig benutzt werden können, nicht beschränkt ist.

### Der Begriff "Modell"

Computermodelle aus der Molekularchemie entspringen immer einem abstrakten, schematischen Modell oder einer Formel und sind nicht mit der angestrebten Realität gleichzusetzen. Schliesslich ist ein Modell auch immer nur eine Sichtweise, die uns beim Verständnis der tatsächlich zugrunde liegenden Realität helfen kann. Jedes dieser Modelle hat seine eigene Qualität und die gilt es möglichst optimal zu nutzen. Es gibt nicht ein richtiges Modell, in Kombination miteinander können unterschiedliche Modelle aber zu einem passenderen Gesamtbild führen.

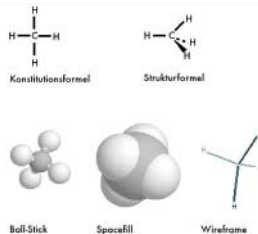


Abbildung 2: Verschiedene Molekülmodelle in der Übersicht



## Detailkonzept

Nachdem ich nun ein geeignetes Anwendungsgebiet für meine Arbeit gefunden hatte, machte ich mich schliesslich daran, die genauen Spezifikationen dafür zu erstellen.

## Ein interdisziplinärer Ansatz

Neben der engagierten Unterstützung von Mitstudenten aus dem Hyperwerk, wurden beim Entwurf von Augmented Chemistry Fachleute aus den Bereichen Chemie und Human Computer Interaction (HCI) mit einbezogen.

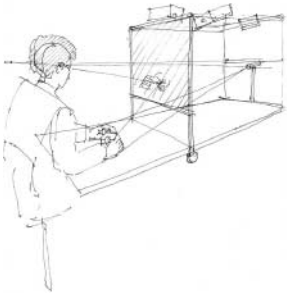


Abbildung 3: Aufbau des virtuellen Spiegels

– Dr. Morten Fjeld [13] von der ETH Zürich, Forschungsgruppe Man Machine Interaction (MMI) als Coach, Experte für HCI und Unterstützung bei mathematischen Problemen.

– Prof. Dr. Hanspeter Huber [14] vom Institut für Physikalische Chemie an der Universität Basel machte mit mir einen Streifzug durch das komplexe Gebiet der chemischen Informatik.

– Dr. Jan Kulka, Chemiker bei der Syngenta AG in Basel zeigte mir eine vereinfachte Geometrie von Molekülen wie sie in vielen Modellen in Gebrauch ist und brachte mich so auf die Idee, dies mit einem Tangible User Interface zu verbinden. Ausserdem hat er bei der Auswahl der Elementgruppe geholfen, die für die Anwendung verwendet wurde.

– Prof. Edouard Bannwart, Architekt und Stadtplaner, Gründer von echtzeit und ehemaliger Dozent an der Bauhaus-Universität in Weimar, hat aus der Idee einer Spiegel-ähnlichen Installation ein funktionierendes Setup entworfen und die Beschaffung einer lichtempfindlichen Polymer-Projektionsscheibe organisiert.

Durch zahlreichen Gespräche mit diesen Personen war ich gezwungen, meine Pläne immer wieder zu überdenken, falsche Vorstellungen zu verwerfen und wieder von vorne anzufangen. Nur so war es mir möglich, aus einer einfachen Idee ein kohärentes Produkt zu entwickeln.

## Setup

AC besteht aus einem Arbeitstisch, vor dem eine vertikale Projektionswand steht. Dahinter befindet sich eine Kamera, leicht nach unten auf die Arbeitsfläche gerichtet. Die Projektionswand zeigt das von der Kamera aufgenommene Bild als künstlich erzeugtes Spiegelbild. Der Benutzer verwendet bedruckte Karten und Würfel als Repräsentationen für computergenerierte 3D-Modelle, mit denen das künstlich erzeugte Spiegelbild ergänzt wird (Abbildung 3)

## Was verbindet sich wie und womit



Abbildung 4: Menü mit der Element-Auswahl



Abbildung 5: 3D-Modell des Greifarms



Abbildung 6: Würfel-Werkzeug

Das Zusammenfügen der Elemente zu einem Molekül in AC erfordert zwei freie Hände. Die eine Hand blättert in einem Buch / Menu (Abbildung 4), in dem die Symbole für die Atome abgebildet sind und lädt das gewünschte Element auf ein Schaufelinstrument/ Greifarm (Abbildung 5). Nun wird der Greifarm zu einer weiteren, auf dem Tisch liegenden Karte, bewegt (Plattform), die das zusammengesetzte Molekül repräsentiert. Der Benutzer entscheidet mit der Drehung des Würfels (Abbildung 6), wo ein neues Atom gebunden werden soll und welcher Art die Bindung ist.

Ein didaktisches Ziel von AC besteht darin, die Anwendung der Oktettregel beim Aufbau von Molekülen zu vermitteln. Was ist die "Oktettregel"?

Oktett ist die Bezeichnung für die Elektronenkonfiguration auf der äussersten Schale eines Atoms, wenn sich dort acht Elektronen befinden. Damit ist die Edelgaskonfiguration, ein besonders energiearmer und damit stabiler Zustand, erreicht. Alle Atome versuchen diesen Zustand durch chemische Bindungen zu erreichen. Für Atome der zweiten Periode gilt das ohne Ausnahme; Atome der dritten und höheren Perioden gehen teilweise auch Bindungen ein, wenn das Oktett nicht erreicht werden kann.

AC beschränkt sich deshalb auf die Anwendung der in Tabelle 1 enthaltenen Atome.

Periode	1	2	3	4
1	H (Wasserstoff)			
2	Li (Lithium), F (Fluor)	O (Sauerstoff)	N (Stickstoff)	C (Kohlenstoff)
3	Na (Natrium), Cl (Chlor)	Mg (Magnesium)		
4	K (Kalium), Br (Brom)			

Tabelle 1: Aufbau des virtuellen Spiegels



Abbildung 7: Beispiel einer Einfachbindung

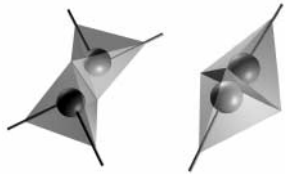


Abbildung 8: Beispiel einer Zweifachbindung

Abbildung 9: Beispiel einer Dreifachbindung

Jedes dieser Atome hat jeweils vier Elektronenpaare. Die Valenz oder Wertigkeit gibt an, wie viele dieser Elektronenpaare frei resp. nicht gesättigt sind und darum eine Bindung eingehen können. Da diese Elektronenpaare immer den grösstmöglichen Abstand zueinander einnehmen, bilden sie ein imaginäres Tetraeder. Atome können sich auch über zwei oder drei freie Elektronenpaare binden. Je stärker die Bindung, desto kleiner ist der Abstand zwischen den Atomen.

Um beim Aufbau eines Moleküls zwischen ein-, zwei- oder dreifach-Bindung zu wählen, werden beim Heranführen des Atoms an das Molekülmodell Hilfslinien in Form eines Tetraeders an dem nächstliegenden Atom im Molekülmodell angezeigt. Zusätzlich erscheint die Bezeichnung (Abkürzung) über dem selektierten Element. Das Tetraeder ist so gross, dass es die darunter liegende Kugel genau abdeckt. Je nach Lage des Molekülmodells leuchtet jeweils ein Eckpunkt, eine Linie oder eine ganze Seite des Tetraeders auf (sofern die beteiligten Eckpunkte frei sind), um die verschiedenen Bindungsarten zu ermöglichen. Bei Mehrfachbindungen binden sich die Elemente immer in der Mitte der beteiligten Eckpunkte. Das Verhältnis zwischen den Abständen von den Eckpunkten des Tetraeders zum Bindungsatom bestimmt die Bindung. In den Abbildungen 7, 8 und 9 sehen wir die möglichen Bindungen anhand der eben erläuterten Tetraedergeometrie. Stellen wir uns ein Atom mit einer offenen Dreivalenz vor, gibt es insgesamt sieben Möglichkeiten, das neu dazu kommende Element an das Molekül zu binden, und zwar über einen der drei Eckpunkte, über eine der drei Kanten oder über die ganze Fläche.

## Strukturen

Aus den erwähnten Atomen lassen sich bereits unzählige Moleküle aufbauen. Nur einige wenige sind in einer ersten Version für AC relevant. Diese werden in die Kategorien Haushalt, Umwelt, Gifte und Explosiv eingeteilt und entsprechend akustisch unterlegt, d.h. sobald eines dieser Moleküle erfolgreich aufgebaut wurde, erklingt ein passendes Geräusch.

## Ereignisse

Während des Molekülbaus lösen verschiedene Zustände bestimmte Ereignisse (visuelles und akustisches Feedback) aus.

	<p>Es sind dies:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wenn ein Molekül gesättigt ist, d.h. keine weiteren Bindungen mehr eingehen kann, erklingt ein Geräusch und der Benutzer kann mit dem Bau eines neuen Moleküls fortfahren.</li> <li>– Entspricht das Molekül einem derjenigen aus der vordefinierten Liste, bekommt der/die BenutzerIn akustisch zusätzliche Informationen zu diesem Molekül und ein zur Kategorie passendes Geräusch erklingt.</li> </ul> <p>Der letzte Punkt (der Vergleich von Molekülen) stellte eine besondere technische Herausforderung dar. Schliesslich gibt es keine allgemeine Lösung, um solche komplexen Strukturen zu vergleichen, und es musste darum ein eigener Lösungsansatz entwickelt werden.</p>
<b>Bild</b>	<p>AC bedient sich bekannter 3D-Modelle wie das Kalottenmodell (Spacefill) oder alternativ das Ball-Stick Modell für die Darstellung des zusammengesetzten Moleküls. Wahlweise soll auch eine Beschriftung der Atome eingeschaltet werden können.</p> <p>Zusätzlich werden die einzelnen Atome aus dem Menu so dargestellt, dass man ihre Valenz (Anzahl Bindungen, die ein Atom eingehen kann) unterscheiden kann. Dies geschieht durch die Visualisierung der Elektronen in der äussersten Hülle (Valenzschale), die um den Kern des Atoms kreisen.</p> <p>Die Visualisierung der durch die Karten repräsentierten Atome unterscheidet sich somit vom Molekülmodell. Die einzelnen Atome sollen nicht einfach als farbige Kugeln erscheinen, sondern in Anlehnung an das Bohrsche Modell mit einem sichtbaren Kern und der äusseren Valenzschale.</p>
<b>Ton</b>	<p>Die akustische Untermalung ist ein wichtiger Faktor, welcher dem Benutzer nützliche Feedbackgeräusche bei der Interaktion gibt und so zur Benutzbarkeit (Usability) beiträgt. Geräusche und gesprochene Informationen können der Anwendung Leben einhauchen. Die akustischen Mittel sollten jedoch eher sparsam eingesetzt werden, damit der Ton nicht als lästig empfunden wird.</p>

## Ausblick

Ein Blick in die Zukunft soll zeigen, was für dieses Projekt noch getan werden könnte, sofern die finanziellen und zeitlichen Ressourcen vorhanden sind.

Der Quelltext der Augmented Chemistry Software soll in einer vereinfachten und möglichst plattformunabhängigen Form mit dazugehöriger technischer Dokumentation auf dem Internet publiziert werden.

Mittelfristig wäre der Funktionsumfang noch weiter auszubauen, z.B. mit einem genaueren, molekülmechanischen Modell (MM), und es könnten empirische Studien über den tatsächlichen Nutzwert der Anwendung als Ergänzung des Chemieunterrichts in Schulen durchgeführt werden.

## Danksagung

Besonderen Dank gebührt Patrick Juchli, der für die Software-Architektur und Programmierung verantwortlich zeichnete und für die komplexesten Problemstellungen nahezu perfekte Lösungen fand. Ebenso möchte ich Celine Studer und Irena Kulka für ihr aussergewöhnliches Engagement und für ihre wertvollen Beiträge danken. Ausserdem bedanke ich mich bei meinen beiden Coaches Dr. Morten Fjeld und Dr. Regine Halter, Dr. Jan Kulka, Prof. Dr. Hanspeter Huber, Prof. Edouard Bannwart, Dr. Michele Imobersteg von der Firma decatron für die Lumin-Projektionsscheibe, Iwan Salzmann, Matthias Käser, Glenn Hürzeler, Mischa Schaub und Martina Sommerhalder.

## Literatur

- [1] Wellner, P., Mackay, W., and Gold, R. (1993): Computer Augmented Environments: Back to the Real World. In Communications of the ACM, July, Vol. 36, No. 7, S. 24-26.
- [2] Ralf Blittkowsky (2001): Kommunikative Klamotten, Anziehbare Computer für jede Gelegenheit. In c't 15/01, S. 84ff
- [3] G. Fitzmaurice (1996). Ph.D. Thesis: Graspable User Interfaces
- [4] J. Patten & H. Ishii (2000). A Comparison of Spatial Organization Strategies in Graphical and Tangible User Interfaces © 2000 ACM
- [5] Studierstube Augmented Reality Project: <http://www.studierstube.org>
- [6] Augmented Reality in industriellen Anwendungen: <http://www.arvika.de/www/index.htm>
- [7] X-Ray Vision: <http://www.igd.fhg.de/igd-a4/index.html>
- [8] H.Kato, M. Billinghurst, I. Poupyrev, K. Imamoto, K. Tachibana: Virtual Object Manipulation on a Table-Top AR Environment. In Proceedings of ISAR 2000, Oct 5th-6th, 2000.
- [9] ETC-Lab Augmented and Virtual Reality: <http://vered.rose.utoronto.ca/>
- [10] M. Fjeld, F. Voorhorst, M. Bichsel, H. Krueger & M. Rauterberg (2000): Navigation Methods for an Augmented Reality System. textitIn the video program / extended abstracts of CHI 2000, ACM, pp. 8-9.

[11] Installation - Virtual constructs Real Space (<http://acg.media.mit.edu/people/simong/installationNew/cover.html>)

[12] Spacially Augmented Environment: <http://spacecube.jeremygoslin.com/>

[13] Dr. Morten Fjeld: <http://www.fjeld.ch/>

[14] Prof. Dr. Hanspeter Huber: <http://www.chemie.unibas.ch/huber/index.html>

Voegtly  
FH  
Interaktionsleiter  
+41 61 568 48 40  
+41 79 568 48 40  
benedikt.voegtly@babelcab.ch  
benedikt  
dip.  
tel  
e-mail