

Universität Paderborn  
Chemisches Kolloquium  
des Fachbereichs Chemie und Chemietechnik  
am 28. 1. 2002

Prof. Dr. H.-J. Becker  
Fachgebiet: Didaktik der Chemie

Diskussionsvortrag

**Experimente als Motivationsfalle im  
Chemieunterricht**

Was lernen SchülerInnen im experimentellen Chemieunterricht  
und was lernen sie nicht?

Dr. Michael A. Anton, LMU München



**“Gedanken ohne Inhalt sind  
leer, Anschauungen ohne  
Begriffe sind blind” (I. Kant)**

**“Seinen Kopf nicht anfüllen,  
sondern stärken”  
(G. Ch. Lichtenberg)**

Sehr geehrte Damen und Herren,  
Liebe Kolleginnen und Kollegen,  
Liebe Befürworter und Kritiker der Chemiedidaktik und –mathetik,

## **1. Hat die Begeisterung für Chemie etwas mit den chemischen Experimenten zu tun?**

Unter dem oben gezeigten Foto (Gaertner) aus den aktuellen IPN-Blättern (18(2001)4,3) liest man die Aufforderung: *“Naturwissenschaften mit Begeisterung: So sollte es wieder werden.”*

Blickt man in die Gesichter der hier experimentierenden Kinder, so lassen sich Begeisterung und Konzentration, mit der sie am Werk sind, nicht leugnen.

Gleichzeitig muss zugegeben werden, dass es zur Darstellung einer solchen wünschenswerten Situation schon älterer Fotos bedarf. Auf gleiche Weise zutreffende zeitgenössische Fotografien sind nicht so ohne weiteres zu erhalten.

Was ist geschehen, dass wir uns so sehr Gedanken machen müssen über die Qualität des Chemieunterrichts, über die Begeisterungsfähigkeit unserer Lehrer und Lehrerinnen aber auch über die Begeisterbarkeit der Schülerinnen und Schüler.

**Es scheint, dass sich Begeisterung für chemische Experimente und Interesse für Chemie nicht gegenseitig zu bedingen!**

Hat der Chemieunterricht mit der Chemie in Forschung und Wirtschaft nicht Schritt gehalten oder mit den gesellschaftlichen Bedürfnislagen oder mit den Erkenntnissen über das Lehren und Lernen?

Ich möchte die Behauptung aufstellen, dass der **Chemieunterricht** sich gegenüber allen drei Bereichen (Fachwissenschaft und Wirtschaft, Gesellschaft und Lehrwissenschaft) als zu **wenig beeinflussbar** erwiesen hat. Und dass dies eine gewichtige Ursache für die aktuellen Probleme darstellt, insbesondere

- für die Anwendung moderner lehrwissenschaftlicher Erkenntnisse im Rahmen der Lehrerbildung,

- für die Akzeptanz von Naturwissenschaft und Technik in allen Bevölkerungsschichten,
- für die Kritik an der Notwendigkeit von Chemie als Schulfach sowie
- **für den Umgang mit dem Experiment durch den Lehrer.**

## **2. Welche Rolle spielt das Selbstverständnis des Chemielehrers für den Einsatz von chemischen Experimenten?**

Die Definition des Chemielehrers allein über seine fachwissenschaftliche Kompetenz, insbesondere auf der Ebene der weiterführenden Schulen ist heute noch eine limitierende Größe beim Ausrechnen von Chancen für die Verbesserung von Chemieunterricht und Lehrerbildung (vgl. Gutachten des Wissenschaftsrates 2001).

Ich behaupte, dass eine **Verbesserung von Lehrerbildung** und Chemieunterricht erst dann möglich sein wird, wenn

- der fachliche *und* persönlichkeitsorientierte Erziehungsauftrag des Lehrers und
- der *Auftrag an den Schüler, sich anstrengungsbereit lernend zu bilden* von Lehrer *und* Lerner akzeptiert und aufeinander abgestimmt werden kann.

Ich stelle überdies die Behauptung auf, dass eine **konzertierte Lehrerbildung** und damit Unterrichtsführung über alle Schultypen hinweg erst dann gelingen kann, wenn

- die Ausbildungsgänge der sich die Vertreter aus Fach, Fachdidaktik und Erziehungswissenschaft sowie aus Hochschule und Schule zu ihrer gemeinschaftlichen Verantwortlichkeit für die Lehrerbildung bekennen,
- unterschiedlichen Lehrämter bedarfsgerecht aufeinander abgestimmt werden,
- die betreffenden Ausbildungsabschnitte aufeinander bezogen werden,
- der direkte Schulbezug in Form von Praktika und praxisorientierten Vorlesungen und Seminaren theoriegeleitet *und* frühzeitig erlebt werden kann,
- Fortbildung kontinuierlich und dabei fach- *und* lehrwissenschaftlich ausgestaltet wird,
- die schuljährliche Portionierung von Schulentwicklung zugunsten eines mehrjährigen Entwicklungsplanes überwunden wird und
- **fachspezifische Problemlagen ins Forschungsvisier gelangen!**

### **3. Herrscht bezüglich der chemischen Experimente ein ausreichendes Problembewusstsein?**

#### **3.1 IST und SOLL**

Betrachtet man den Unterricht vor Ort in seiner gesamten Vielfalt, unterzieht man die klassischen wie die modernen Konzepte an Lerninhalten, Arbeitstechniken, Lehr- und Lernstrategien sowie Lehrer-Schüler-Interaktionen einer genauen Analyse, so lässt sich erkennen, dass sich Chemieunterricht mit wenigen Ausnahmen unverändert an herkömmlichen Methodenmustern orientiert. Diese basieren wiederum auf tradierten Vorstellungen von dem was Unterricht ist. Und das ist das, was man als Schüler selbst erlebt hat.

Und es kann behauptet werden, dass erst dann ein **Wandel und eine Neuorientierung in der Unterrichtung** unserer Kinder und Jugendlichen im Fach Chemie gelingen werden, wenn

- eine Kritik der bestehenden Unterrichtsmethodik erfolgen kann, die von den Betroffenen reflexiv und aktiv unterstützt wird,
- lehrwissenschaftliche Unterrichtsforschung als Grundlage für Änderungen akzeptiert und von den Praktikern mitgetragen wird,
- Lehrer- und Schüler sich zugleich als Lernende und Lehrende begreifen,
- die Expertisen der Lehrer gleichermaßen aus den Kompetenzen aus dem Fach als auch aus den Erziehungswissenschaften resultieren und
- **das chemische Experimentieren als eine besondere Bürde unseres Fachunterrichts erkannt wird.**

Damit wäre ich bei zentralen Fragen:

1. Welche unterrichtliche Effizienz besitzt das chemische Experimentieren?
2. Wozu werden Lehrer- wie Schülerexperimente letztlich eingesetzt?
3. Nach welchen Bedingungen werden sie ausgesucht?
4. Unter welchen Bedingungen finden sie statt?

5. In welchen Formen tauchen Experimente im Chemieunterricht auf?

6. Was ist eigentlich ein Experiment?

### 3.2 Empirie zwischen Versuch und Experiment und Chemieunterricht

Ich möchte einige Aspekte des **Experimenteinsatzes im Chemieunterricht** näher beleuchten.

Das Experiment ist eine Variante aus sechs methodischen Komponenten („Bedingungskomplexen“):

- Berufliche Rahmenbedingungen,
- **„Lerninhaltbehandlung und Zielfindung“**
- Orte, Aktions- und Sozialformen,
- Arbeitstechnik,
- Lernpsychologie und
- Affektivität der Lehrer-Schüler-Beziehung.

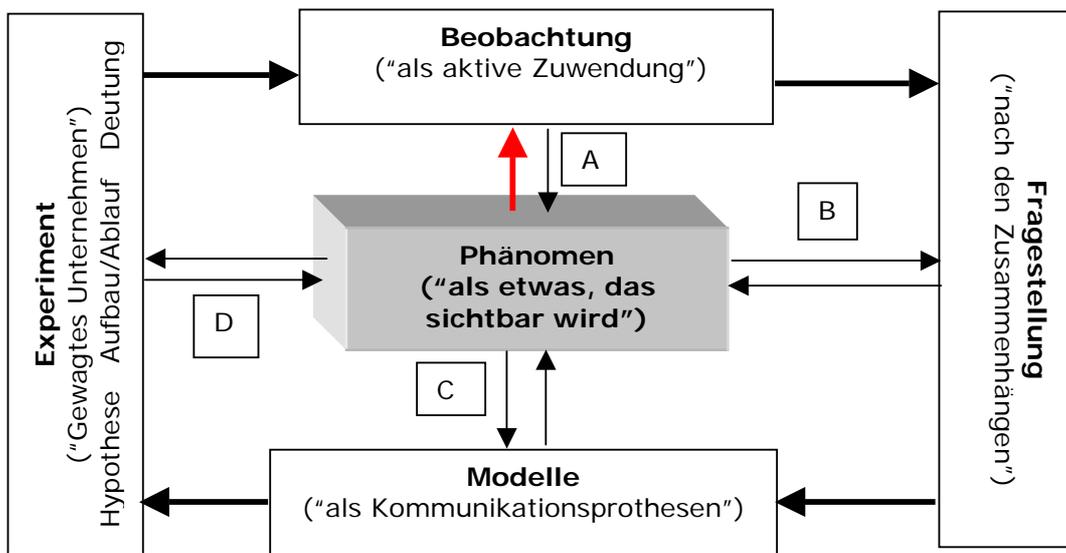
Je eine Variante aus den Komponenten bestimmen zusammen einen „Methodenbaustein“! Aus dem „pool“ „Lerninhaltbehandlung und Zielfindung“ stammt die Variante „empirisches Vorgehen“.

Es handelt sich also beim experimentellen Teil der Unterrichtskonzeption nur um eine methodische Variante von vielen, allerdings um eine sehr bedeutende. Da es sich beim Fach Chemie um eine empirische Wissenschaft handelt, ist das Experiment wesensbestimmend für den chemisch-naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn.

Das könnte bedeuten, dass jede Form experimentellen Arbeitens im Chemieunterricht von Vorteil ist und gerade diejenigen Erfahrungen ermöglicht, mit denen die Welt der Stoffartänderungen gedanklich (!) erschlossen werden kann.

- **Woran liegt es aber, dass das Stundenmerkmal „viele Experimente“ nicht gleich zu setzen ist mit dem der „hohen Unterrichtseffektivität“?**

- Welche zusätzlichen Bedingungen für den erfolgreichen Experimenteinsatz sind in der Schule zu beachten?
- Worin besteht der große Unterschied zwischen dem wissenschaftlichen Experimentieren und den Experimenten des Lehrers bzw. dem Versuch im Schülerpraktikum?



Anhand der **oben ausgeführten Skizze** kann sehr schön aufgezeigt werden, dass entgegen der Pflege des großen Kreislaufs eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns von der Beobachtung des Phänomens über die Fragestellung und einer wie auch immer gearteten Modellvorstellung (vom Teilchen-Modell bis zur Orbitaltheorie), die über eine Hypothesenbildung zum Entwurf eines Experiment(ansatzes) führt, aus dem die gemachten Erfahrungen erneut Fragestellungen provozieren und in eine mögliche Korrektur der Modellvorstellung münden usw., primär zwischen dem Phänomen und der Beobachtung bzw. der Fragestellung bzw. dem Modellentwurf bzw. dem fertigen Experiment hin und her gependelt wird, insbesondere bei B (*Fragenbildung*) und C (*Prinzipienerkennung*) (s. o.).

Natürlich müssen die Einzelwege (A bis D) vorgestellt und auch geübt werden; es darf aber nicht übersehen werden, dass es im Chemieunterricht letztlich auf die Vermittlung des großen Kreisprozesses ankommt. Von ihm aus darf dabei das Phänomen nie aus dem Auge verloren werden. Stets muss der Rückbezug auf es möglich sein.

#### 4. Das Experiment als „gewagtes Unternehmen“!

Grob lassen sich die **fachorientierten Einsatzziele** von Experimenten (vornehmlich als Lehrerdemonstration) wie folgt differenzieren:

1. Motivation
2. Wege zur Objektivierung durch Demonstration (Wahrnehmung und Beobachtung der Wirklichkeit)
  - 2.1 Konfrontation (Verfremdung): Mischen von Ammoniumthiocyanat mit Bariumhydroxid u. a.
  - 2.2 Historischer Nachvollzug: Herleitung und Widerlegung der Phlogiston-Theorie nach STAHL u. a.
  - 2.3 Simulation großtechnischer Verfahren: Kontaktverfahren über Pyritröstung und katalytische Oxidation von Schwefeldioxid u.a.
  - 2.4 Prinzipien: Neutralisationsreaktionen als Titrations mit diversen Säuren und Laugen unter Verwendung unterschiedlicher Indikatoren (Farbindikatoren, Leitfähigkeit u. a. ); u. a.
  - 2.5 Modell: Reaktion von schwefelsaurer Kaliumdichromatlösung mit Wasserstoffperoxid (w=30%), wobei unter Verfärbung nach Grünbraun (Cr(VI)-oxid) Sauerstoff freigesetzt wird (Glimmspanprobe) und das so lange bis die ursprüngliche orange Färbung wieder auftritt (nach ca. 3-5 Min): Das Kaliumdichromat stellt *modellhaft*(!) den Katalysator dar, der während der Reduktion von Wasserstoffperoxid an der Reaktion teilnimmt und anschließend wieder unverändert aus der Reaktion hervorgeht.
  - 2.6 Denkschritte: Entwicklung der Galvanik von der Halbzelle, über den „Kurzschluss“ (Kombination von Kationen edler Metalle mit Atomen unedler Metalle: Zink in Silbernitratlösung) und das Galvanische Element (DANIELL-Element) bis zur Batterie (LECLANCHÉ-Element) u. a.
  - 2.7 Komplexitätsstufen: Neutralisationstitation, Konduktometrie, Redox titrationen als quantitative Analyse methode oder: Säure als sauer schmeckendes Agens, Säure als Protonendonator, Säure als LEWIS-Sre u. a..
  - 2.8 Gegenüberstellungen: Elementhauptgruppen I und VII oder: Säuren und Basen oder: verdünnte und konzentrierte oxidierende Säuren (Schwefel-, Salpetersäure) u. a.
  - 2.9 Herstellen und Erweitern von Systematiken („Schlüsselversuche“): Erweiterung des Oxidationsbegriffs durch Vgl. von „Magnesium brennt in reinem Sauerstoff“ und „Magnesium brennt in reiner Chloratmosphäre“ --> Oxidation als Elektronenabgabe macht von der Beteiligung von Sauerstoff bei einer Redox-Reaktion unabhängig oder:

Oxidierende Wirkung von heißer konzentrierter Schwefelsäure gegenüber Kupfer führt zur Einführung einer fiktiven Ladung für das Schwefelatom im Säuremoleküle (Oxidationszahl) um die Oxidationsdefinition erweiternd beizubehalten u. a.

2.10 Computerassisted Experiment (CAE): Verwendung der *Chembox*

3. Wissenschaftspropädeutik

3.1 Modellbildung: Teilchenmodell: Einfache Versuche zu den Größenunterschieden (Diffusion von Wasserstoff-Teilchen durch eine Tonwand), Massenunterschieden (Wiegen von Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff in einem gleichen Volumen) und Unterschieden in den gegenseitigen Anziehungskräften (Aggregatzustände und unterschiedliche Siede- und Schmelzpunkte) zeigen, dass schon vor der Einführung des Atom- und Molekülbegriffs noch frühzeitig eine differenzierte Betrachtung des Diskontinuums erfolgen kann u. a.

3.2 Hypothesenbildung (induktives Vorgehen): mehrere (!) Zersetzungsreaktion von binären Verbindungen führen zum Begriff der Analyse (Dissoziation) oder: mehrere Verbrennungsreaktionen an der Luft führen zum Begriff der Oxidation und der Oxide als sauerstoffhaltige Produkte einer Vereinigung eines Elements mit Sauerstoff

3.3 Hypothesenprüfung (deduktives Vorgehen): „Bei der Vereinigung von Natrium mit Chlor müsste es sich nicht nur um eine Synthesereaktion handeln, sondern auch noch um eine Redox-Reaktion, die zur Bildung von Ionen führt, worauf das Synthese-Experiment und der Anionen- und Kationennachweis einer Probe aus der Lösung des Produkts in Wasser erfolgen oder: Die Feststellungen, dass in einer Natriumchlorid-Lösung und einer Salzsäure-Lösung zwar beide Male Chlorid-Ionen nachweisbar sind, aber nur einmal eine Indikatorreaktion nach sauer erfolgt, müssen aufgrund der Annahme, dass Chlorid-Ionen nur ein Proton übriglassen können und dieselben frei in wässriger Lösung niemals vorkommen können, den Schluss zulassen, dass Oxonium-Ionen sich bilden müssen, da ein anderer Partner als das Wasser-Molekül für die Protonen nicht in Frage kommt u. a.

4. Systemische Betrachtungsweisen: Beim Vergleich der Prinzipien „Säuren sind Protonendonatoren“ und „Reduktionsmittel sind Elektronendonatoren“ lässt sich erkennen, dass die Transferreaktionen von Elementarteilchen zu prinzipiellen Klassifizierungen der Vielzahl möglicher chemischer Reaktionen herangezogen werden können oder: Die Reaktion von konzentrierter Salpetersäure mit Kupfer führt zu einem Gasgemisch, das sich beim Auffangen über Wasser als Sperrflüssigkeit trennt. Diese Feststellung kann bei Durchführung des Versuchs und detaillierter Diskussion von

Schülern mit Anfängerwissen hergeleitet werden und durch den Folgeversuch „Aufgefangenes Gas wird an der Luft braun) bestätigt werden u. a.

Konzentriert man sich besonders auf das Schülerexperiment, wie es in der Regel im Mittelstufenunterricht auftritt, so treten die **didaktische Aspekte** hinzu:

1. Entwicklung instrumenteller Geschicklichkeit (Risikominimierung)
2. Schulung aktiver Wahrnehmung (Beobachtung)
3. Ermitteln von Bedingungen für die Gültigkeit von Versuchsergebnissen (Geltungsintervall)
4. Reproduktion und Reorganisation von Arbeitsvorschriften (Einstellung von latenten Leistungssituationen)
5. Partnerarbeit bei der Durchführung und Auswertung der Experimente (Beherrschung von Schülerzahlen)
6. Kreative Entwicklung von Fragestellungen mit experimenteller Überprüfung durch den Schüler.

Die weit verbreiteten klassischen, häufig suboptimalen Lösungen dieser Aufgaben und deren traditionelle Vermittlung innerhalb der Lehreraus- und fortbildung haben zu einer gewissen Betriebsblindheit und mangelnden Hinterfragung ihrer Auswirkungen geführt.

### **5. Gibt es Untersuchungsansätze für eine sichere Bestimmung des Experiment-problems?**

Mit den nationalen und internationalen Untersuchungen zur Effektivität des naturwissenschaftlichen Unterrichts (TIMSS und PISA) wurde diese Tradition gestört. Es ergibt sich nicht nur die Notwendigkeit, sondern zugleich die Möglichkeit einer kritischen Analyse der besagten Komplexität und ihrer Auswirkungen.

Zweifellos erfordert ein nachhaltiges Vorgehen eine Bestandsaufnahme. Sie darf sich nicht auf die Feststellung der **aktuellen Experimentiersituation** an unseren Schulen beschränken. Auch nicht auf die Art und Weise, wie die **Vermittlung des schulrelevanten Experimentierens** in der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung erfolgt. Sie muss vielmehr die **lehr- und lernpsychologischen Bedingungen** ins Auge fassen, die beim Experimenteinsatz zum Tragen kommen. Sie üben auf die Effektivität des Experimenteinsatzes wesentlichen Einfluss aus.

Mit ihnen haben wir nicht nur originäre chemiedidaktische Forschungsziele vor uns. Es können auch neue Maßnahmen zur Verbesserung des Chemieunterrichts begründet und auf den Weg gebracht werden (vgl. Anton 1998):

- **Motivationsfalle**
- **Abstraktionsfalle**
- **Kontextfalle**

Im Folgenden werden diese als „Fallen“ bezeichnete lehrwissenschaftlichen Untersuchungsziele genauer beschrieben und erläutert.

### **5.1 Motivationsfalle**

Der Einstieg in ein Thema aus dem Chemieunterricht, insbesondere im Bereich der Mittelstufe geschieht gerne über die Demonstration eines Versuchs. Natürlich ist der Lehrer bemüht, den Effekt des Experiments besonders eindrucksvoll zu inszenieren. Die Wirkung ist zielgerichtet und soll in aller Regel Staunen beim Zuschauer hervorrufen.

Landläufig herrscht die Auffassung, dass sich dies fördernd und vor allem nachhaltig auf die letztlich gewünschte Fragehaltung auswirkt. Sie wird vom Lehrer häufig in ihrem Vorhandensein vorweg genommen: „Und nachdem wir das alles beobachtet haben, fragen wir uns natürlich, weshalb ... !“ Die Erfahrung zeigt immer wieder, dass sich dieser vermeintlich methodisch geschickt plazierte Schachzug nicht als Initialzündung, sondern als Rohrkrepierer erweist. Das geschieht allerdings ohne böses Zutun der Schüler. Es ist ein immanenter Effekt des Staunens.

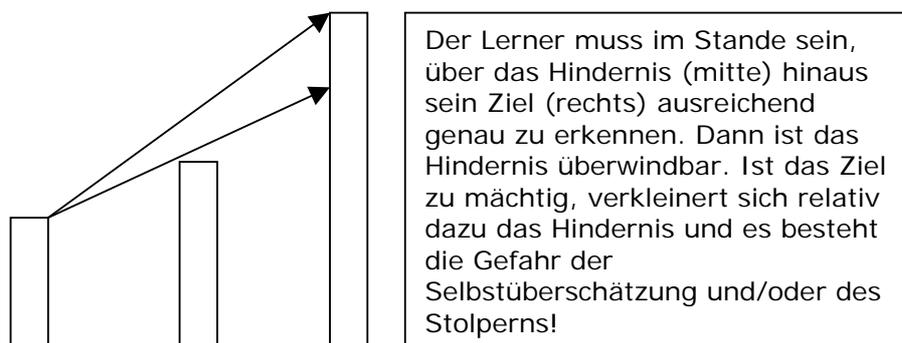
Nach Rieder ist Staunen durch „Passivität, Ungerichtetheit, Gefühle und Unwillkürlichkeit“ gekennzeichnet. Fragen dagegen besitzt die Merkmale „Aktivität, Gerichtetheit, Verstand, Willkürlichkeit“ (Rieder, O.: Die Entwicklung des kindlichen Fragens; 1968, 14)! Somit gehen die beiden Haltungen nicht nahtlos ineinander über, sondern sie schließen sich gegenseitig aus! Staunen hat eine verblüffende Ähnlichkeit mit dem, was wir gerne als Unterhaltung umschreiben. Sie verlangt primär nach quantitativer und qualitativer Ausweitung. Un das besonders bei Zuschauern, die am gezeigten Geschehen keinerlei eigenen Anteil haben, eben vollständig passiv sind.

Man kennt im Rahmen der Chemie diese Veranstaltungen, in denen die ganze Chemie“ spektakulär von der Bühne herab kurzweilig und eindrucksvoll vorgemacht wird. Man möge sich selbst einen Reim machen auf die tatsächlich erzielbaren Show-Effekte solcher Darbietungen.

Für unsere Unterrichtssituation bedeutet dies, dass der Weg vom Staunen zum Fragen durchaus der richtige ist, aber nicht der automatische. Der Lehrer muss den Wechsel besonders behutsam ausgestalten. Dies geschieht durch Beobachtungsaufträge, durch Erinnerungen an schon Bekanntes und durch das Aufzeigen möglicher Unstimmigkeiten, die aufgrund der unvollständigen Wissensausrüstung der Schüler nicht so ohne weiteres beseitigt werden können.

Das bedeutet, dass die ungeordneten Vorkenntnisse und das schon systematisierte Grundwissen zur Chemie aktiviert werden müssen. Es gilt, nach Alternativen zu suchen, mit denen die erforderlichen Neuinformationen an das vorhandene Wissen angegliedert werden können. Das macht allerdings nur Sinn, wenn dieser Lernprozess für den Lerner eine Bedeutung hat und wenn seine eigenen Lernstrategien diesen Prozess koordinieren können.

Der Weg vom passiven Staunen zum aktiven Fragen erhält sozusagen über den vorstellbaren Nutzen seinen entscheidenden Impuls. Mit ihm lassen sich die erforderlichen Anstrengungen (aus Konzentration, Kraftaufwand und Verzicht) begründen. Erst wenn Grundwissen, Information und Nutzen der in Aussicht gestellten Erkenntnis miteinander verknüpft werden können, ist der Weg zur Lösung des kognitiven Konflikts offen und kann vom Lerner unter Anleitung des Lehrers zielorientiert gegangen werden.



Die gemeinsame Schnittmenge der drei Felder beschreibt die Motivation. Sie kann auf diese Weise organisiert, mit hoher Effizienz ausgerüstet und als extrinsischer Stimulus in den Unterricht eingebracht werden.

Konzentriert sich der Lehrer allerdings nur auf das Staunen und dann auf die Erklärung des Sachverhaltes ohne das gerade beschriebene Zusammenspiel der Faktoren der Motivationsgenese näher in Betracht zu ziehen, so wird der Lernprozess behindert und der Lerner wird in den Zustand des „rote learning“, des gedankenlosen Memorierens gedrängt.

Er tappt in die „**Motivationsfalle**“. Sie ist im Chemieunterricht ganz besonders aktuell, da wir viele Möglichkeiten des Auslösens von Staunen besitzen und damit häufig das Einnehmen der Fragehaltung erschweren, wenn nicht ganz verhindern.

Geschieht dies regelmäßig, so gerät der Mangel an Sinnhaftigkeit der Lernarbeit zum limitierenden Faktor für die *Be-geisterung*(!) für das Fach Chemie. Beim Anfänger beginnt der „count down“ für die ursprünglich große Freude auf und über das Fach Chemie!

Wir müssen sowohl im schulischen Fachunterricht als auch in der Lehrerbildung, im eigenen fachdidaktischen Unterricht mehr für die Be-Geisterung sorgen, für das Mit-Geist-Ausrüsten der Inhalte und ihre lernerische Beschäftigung.

## 5.2 Abstraktionsfalle

Mindestens seit den ersten Untersuchungen von Hans-Jürgen Becker und Günter Jüngel 1982 zu „Schülereinstellungen und –leistungen im Unterrichtsfach Chemie“ wissen wir von der Unbeliebtheit unseres Schulfaches und von den Problemen, die viele Schüler mit seinen Inhalten haben. Seit dieser Zeit hat es über 70 weitere Bestätigungen dieser empirischen Forschungsergebnisse gegeben. Als Folge der beeindruckend gleichlautenden Resultate gab es eine Vielzahl von programmatisch dargestellten didaktischen Strömungen, die sich um eine Korrektur dieses unguten Zustandes bemühten. Schlagworte waren „PC-Chemie (Kappenberg), Miniaturisierung und Megascaling (Obendrauf), Umweltchemie (Proske, Wiskamp), Projektionschemie (Full), Projektchemie (Münzinger), Kreislaufchemie (Schmidkunz), Strukturchemie (Barke, Sauermann), Alltagschemie (Woest, Pfeifer), Gefahrstoffchemie (Pfeifer), Schauchemie (Roesky), Konsumchemie (Becker) uvam.. Alle Trends haben den Chemieunterricht mehr oder weniger nachhaltig beeinflusst und den Fachzeitschriften charakteristische Themenhefte beschert. Bis heute sind sie spürbar und werden immer noch von neuen Strömungen abgelöst. Am aktuellsten ist sicher der Begriff der „Kontextchemie“ (Ralle, Parchmann). Er wird uns auch nicht recht viel weiter bringen als das den bisherigen Schwerpunktsetzungen gelungen ist.

Wieso klingt das so fatalistisch? Keines der Programme hat es vermocht, auch nur ein wenig an der Basisproblematik zu verändern.

Insbesondere die intensive Auseinandersetzung mit der Verfeinerung und Neuentwicklung von Experimenten für sämtliche Jahrgangsstufen in allen denkbaren Schularten und für die gesamte Vielfalt der föderalistischen Lehrpläne in Deutschland hat sehr viele Hoffnungen geweckt und bis heute nahezu nichts Endzeitliches bewirkt. Es lässt sich nicht mehr bestreiten, dass die Anzahl von guten, durchdachten, sicheren und überzeugend ablaufenden Versuchen für jedes denkbare Unterrichtsthema ausreichend ist; dass es also nicht am Versuchsangebot liegen kann, wenn die gewünschten qualitativen Verbesserungen dennoch ausbleiben. Auch die gerätetechnische und finanzielle Situationen der Schulen lassen sich nicht zur Verantwortung ziehen.

Immer wieder haben empirische fachdidaktische Untersuchungen ergeben, dass den Schülern das Betrachten von Experimentverläufen ein wichtiges Anliegen sind, das den Chemieunterricht für sie attraktiv erscheinen lässt. Dagegen werden die Auswertung der Experimente und die Er- und Verarbeitung von Theorie und Modellvorstellungen mehr oder weniger abgelehnt und in ihren Bedeutungen nicht gewürdigt (Gräber 1996).

Wenn mit Bedacht wird, dass es kein Fach gibt, welches mit zunehmender Unterrichtspräsenz immer mehr abgelehnt wird, dann sollte nicht mit dem bornierten Unverständnis der Schüler argumentiert, sondern viel eher nach tieferen Ursachen gesucht werden.

Dies äußert sich u. a. in der Hinwendung noch weniger Didaktiker zu den Ergebnissen der Lehr- und Lernpsychologie, zur Pädagogischen Psychologie, zur Hirnforschung und zu den Kognitionswissenschaften.

Ein dünnes Umfeld der modernen Fachdidaktik beginnt zumindest mit der Zitation von bedeutsamen Forschern wie Piaget, Weinert, Mandl, Case, Roth, Singer, Prinz, Wagemann, Wildt u. a.. Das lässt zumindest hoffen. Insbesondere weil die Chemiedidaktiker auf einen wichtigen Vorreiter dieser Unterrichtsanalyse zurückgreifen können: auf Heinrich Stork mit seiner Schrift "Zum Chemieunterricht in der Sekundarstufe I, 1988.

Worum geht es also bei der „Abstraktionsfalle“?

Schüler müssen selbst lernen und die Entwicklung des hierzu erforderlichen Denkapparats und der möglichen Interessengenese ist zum Zeitpunkt des in der Regel spät einsetzenden Chemieunterrichts (in Bayern mit der Jgst. 9 und bei einem Schüleralter von ca. 15 Jahren) noch nicht vollständig ausgeformt. Nach Piaget und Lawson (vgl. Stork 1988, S. 16) sind die

Abstraktionsfähigkeiten noch nicht in dem Maße voraussetzbar, wie wir sie für die sichere Interpretation von experimentell dargestellten Phänomenen auf der submikroskopischen Ebene so gerne und möglichst früh einsetzen möchten. Im Gegensatz hierzu sind die Fertigkeiten im Selbstmachen sowie die Beobachtungs- und Formulierungsgabe ertragreich ausgebildet. Allein der gewöhnliche Unterricht in Chemie stellt –man möchte sagen traditionell- mehr auf Deutung denn auf Beschreibung ab. Das erweist sich für den Anfangsunterricht als prekär.

Das, was Schüler können, nämlich Durchführen, Beobachten und Beschreiben, wird weniger bis garnicht belohnt. Dagegen wird das, was sie nur schwer und unvollständig beherrschen, das modellhafte Interpretieren auf der Teilchenebene, die abstrakte Sicht der Ursachen und Zusammenhänge chemischer Prozesse und deren symbolische Darstellung auf besonders eindringliche Weise eingefordert und sanktioniert.

Man kann als Beleg nicht nur die Unterrichtsführung selbst beobachten, sondern –was schergewichtiger ist- ebenso die Fragen und Bewertungen in schriftlichen Prüfungen aus den besagten Jahrgangsstufen. Stets ist das Formulieren von Gleichungen zu dieser Zeit wertvoller und punktwirksamer als etwa die Skizze eines Versuchsaufbaues oder die in eigene Worte gefassten Beobachtungen. Wenn solche Fragen überhaupt gestellt werdenso eignen sie sich hinsichtlich ihrer Bepunktung nicht als „Sechser- oder Fünferbremse“!.

Es erscheint logisch, dass Schüler, die solchen Kriterien unterworfen sind (man kann von  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{3}{4}$  ausgehen), nach denen sie ihr Können nicht gewinnbringend einsetzen können und mit dem Geforderten nicht zu Rande kommen, das Fach als solches ablehnen müssen. Da es wie eine Konditionierung anmutet, ist auch zu verstehen, weshalb sich eine solche Entwicklung als extrem korrekturresistent erweist. Je länger dieser Einfluss anhält, desto deutlicher fördert er die Aversion, so dass die oben zitierte Erscheinung, wonach die Abneigung im Laufe der Chemiejahre zunimmt, zwangsweise ihre Erklärung erhält.

Es soll an dieser Stelle auch nicht verschwiegen werden, dass diese Problemlage einen unmittelbaren Einfluss ausübt auf die Nachwuchsfrage chemierelevanter Berufe in Forschung und Wirtschaft!

Die geschilderten Zusammenhänge werden durch die Feststellung bestätigt, dass dasselbe Problem nicht mehr zu finden ist, wenn der Einstieg in die Chemie später erfolgt. Es droht sich aber extrem zu verschärfen, wenn bei Beibehaltung des beschriebenen Prinzips der Unterricht noch früher erfolgt.

Was ist zu tun um ein Zuschnappen der „Abstraktionsfalle“ zu vermeiden?

Die Schüler dürfen nicht mit dem Phänomen „geködert“ werden, welches sofort nach seinem Ablauf durch die abstrakte Auswertung in den bedeutungslosen Hintergrund gerät. Es darf der Eindruck nicht forciert werden, wonach es auf die kritische Versuchsbetrachtung weniger ankäme als auf eine Deutung auf der atomaren Ebene.

Schüler des Chemieanfangsunterrichts müssen behutsam mit den Effekten zusammen geführt werden können, die für sie am intensivsten aufgearbeitet werden kann. Hierzu eignen sich am Anfang, etwa während des ersten Schuljahrdrittels speziell Versuche in der eigenen Hand und solche, bei denen nicht nur die Edukte und Produkte vergleichend aufeinander bezogen werden können, sondern sich auch die prozessuale Stoffartumwandlung als solche verfolgen lässt. Ein Beispiel wäre hier die Synthese von Eisensulfid aus den Elementen oder die Elektrolyse einer Zinkiodid-Lösung u. ä ..

Fragen nach den Ursachen und Zusammenhängen werden dabei zweitrangig gestellt, jedoch nicht weggelassen! Langsam verschiebt sich das Gleichgewicht der Phänomenbetrachtung und „-erforschung“ in Richtung Ausgewogenheit bis hin zur Fragendominanz und Bildung von Hypothesen aufgrund gelingender Abstraktion und letztlich zu Initiativen bei der Konzeption eigene Versuche.

Solche Abläufe können innerhalb eines halben Schuljahres mit 2- 3stündiger Chemie gut ausgeformt werden. Die Zeit, die hier investiert werden muss, macht sich im Rahmen einer sichereren und freudvolleren Beschäftigung mit Chemie in der Folgezeit bezahlt.

### **5.3 Kontextfalle**

Die Beschreibung und Erläuterung dieses „didaktischen Fallentyps“ bedarf der Schilderung eines Erlebnisses, das der Autor während eines Schulbesuchs hatte. Eine Studierende des gymnasialen Lehramtes hatte eine Stunde zu den Volumengesetzen vorbereitet. Sie sollten experimentell über die Wasserelektolyse mit dem Hofmannschen Dreischenkelapparat abgeleitet werden. Es läutete, die Klasse war vollständig angetreten, die Lehrerin hatte alles gewissenhaft aufgebaut und wies kurz nach der Begrüßung auf ein Stundenthema hin,

welches sich erst über die Experimentauswertung ergeben sollte. Und nach bereits drei Minuten lief die Wasserzersetzung bei 15 V Gleichspannung auf vollen Touren.

Dieses Vorgehen gestaltete sich beim Verfasser als didaktisches AHA-Erlebnis.

*Hospitiert und notiert (in: Chemie in der Schule 46(1999)1,8-10)*

**"Analyse und Synthese von Wasser"**

**Vom Versuch, Experimente zu machen !**

Michael A. Anton

*Der Autor beschreibt und kritisiert eine Unterrichtsstunde zum Lehrplan der Jahrgangsstufe 9 an einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasium. Sie ereignete sich im Rahmen des Schulpraktikums einer Lehramtsstudierenden.*

Auf meinem Weg durch die Schulen, in denen Studenten aus meiner Vorlesung "Didaktik der Chemie" ihr 'studienbegleitendes Praktikum' absolvieren, erhalte ich einen faszinierenden Einblick in die unterschiedlichen Ansprüche, denen sich die Newcomer in den einzelnen Klassenstufen gegenübergestellt sehen, und in deren Erfüllung sie von den Praktikumslehrern vor Ort unterstützt werden. So war es auch in dieser Chemiestunde. Eigentlich handelte es sich um eine klassische Thematik des Einführungsunterrichts. Der zu behandelnde Lehrinhalt ist jedem erfahrenen Chemielehrer vertraut; manch einer freut sich auch auf diese Stunde. Auch Seminarlehrer wissen um die Beliebtheit dieses Themas für Lehrproben. Selbst die Schüler bekommen aufgrund der Eindringlichkeit, mit der dieser Lerninhalt vermittelt wird, rasch heraus, daß es sich um einen prüfungsrelevanten Lernstoff handelt. Diese Voraussetzungen waren dem Besucher geläufig und sie bestimmten auch die Erwartungshaltung. Darüber hinaus ist man als Beobachter stets interessiert an den Details der Durchführung, an der Verwirklichung eines Stundenkonzepts, das in seinen Einzelheiten und insbesondere in den ihrer Auswahl zugrundeliegenden Argumentationen nur dem Ausführenden bekannt ist.

Die Stunde begann pünktlich, die Einstimmung auf die für die Schüler nicht vorhersehbare Thematik wurde verkürzt auf zwei prägnante Sätze: "Wie beschäftigen uns heute mit dem Wasser!" und "Beginnen wir mit der Überschrift !" Die Art der Beschäftigung sollte alsbald mit der Tafelanschrift "Analyse" eingeschränkt und gezielt angegangen werden. "Wir machen dazu einen Versuch !", gesagt und getan; vor den Augen der Schüler wurde der Hofmannsche Dreischenkelapparat vorgestellt und ordentlich bestückt. Die hierzu nötigen Kommentare waren passend und erhellten das logische Hintereinander der Handgriffe. Mittlerweile waren seit Stundenbeginn vier Minuten vergangen. Ohne weitere Umschweife wurde das Experiment gestartet. Die Schüler wurden unvermittelt auf eine Gasentwicklung an den Platinelektroden hingewiesen, die sie sehen sollten.

In mir wurden Bedenken wach, gravierende, die sich über die Stunde hinweg eher verschärften als daß sie verflogen und sich als unbegründet erwiesen. Nicht nur, daß es mich befremdete, wenn die Behandlung eines Reinstoffes mit dessen Zerstörung beginnen sollte, auch daß alles so voraussetzungsfrei, mitgebracht und vorgeführt wirkte, daß es bar jeder Begründung und Zielsetzung zur Unterrichtung in Chemie verwendet wurde, rief meine didaktische Aufmerksamkeit in besonderer Weise auf den Plan. Schon seit langem und wiederholt, ohne die Beispiele hierfür krampfhaft suchen zu müssen, betrachte ich diesen und jeden vergleichbaren Umgang mit dem chemischen Schulexperiment äußerst kritisch und sehe in vielen seiner traditionellen Varianten einen der besonders ernst zu nehmenden Gründe für die nicht weiter hinnehmbare Unbeliebtheit unseres Faches (Woest 1996 u.v.a.). Es wird "bloß die Neugier gekitzelt und keinerlei spezifische Kompetenz vorausgesetzt,..." (Bourdieu 1997, S.I). Das Abtasten sowohl des alltäglichen Grundwissens als auch des chemiespezifischen Vorwissens vor dem Hintergrund einer klaren Fragestellung und Zielformulierung, auf die sich Lehrer wie Schüler einigen und mit der sie, oder zumindest eine gewichtige Anzahl von ihnen, die aufkommenden Probleme akzeptieren und an ihrer Lösung, z.B. über die Entwicklung eines Experiments, mitarbeiten wollen, all das hat nicht stattgefunden. Auf einem solchen Mängelmedium kann kein verständnisorientierter Lehr-Lern-Prozeß bei Lehrer und Schüler in Gang kommen (Anton 1995). Mager betont, daß es zu deutlichen Lernerfolgen führt, wenn der Lehrer dem Schüler die Zielformulierung bekannt gibt und ihn so zu seinem "Lehrkumpan" macht (vgl. Mager 1972).

Der "Hofmann" funktionierte gut. Ein kleines Stück Papier mit einer Skizze des Versuchsaufbaus und Beschriftungslinien wurde an die Schüler ausgeteilt. Sie sollten das Blatt in ihr Heft kleben und die Lücken ausfüllen. Die Studentin hatte zur Sicherheit und wohl auch zur Zeitersparnis einen zweiten "Hofmann" mitgebracht. Er enthielt bereits soviel Gasvolumina, daß sich ihr Verhältnis überzeugend bestimmen ließ. Außerdem reichten die, mit Hilfe trockener Reagenzgläser entnehmbaren Portionen aus um die Nachweisreaktionen durchzuführen. An der Anode wurde das Gas der Glimmspanprobe und an der Kathode der Knallgasprobe unterzogen. Das Experimentiergeschick der Lehrerin führte zu eindeutigen Resultaten.

Empfindlich geworden, konstatierte ich während dieser Sequenz nicht das erste Mal, daß die Schüler, sogar unter Zuhilfenahme des Sitzplanes, also namentlich zur Formulierung von Vermutungen aufgefordert wurden. Sie sollten die Gasentwicklung den Reinstoffen richtig zuordnen und die Möglichkeiten der Identifizierung beschreiben. Dabei zeigte sich die angehende Lehrerin bereits darin versiert, unter großzügigem Übersehen von Ausdrucks- und Satzbaufiziten, die richtigen Vermutungen zu sammeln und sie dem geplanten Vorgehen dienlich zu machen. Auch hierin erkennt man übliches Vorgehen, das mittlerweile sehr kritisch zu hinterfragen ist. Diese Dominanz der Musterlösung im Kopf des Lehrers über die meist unsicheren Formulierungen einzelner Schülerantworten könnte mit ein Grund dafür sein, daß sich Kreativität im Chemieunterricht nicht entfaltet (vgl. Baumert 1997).

Die Tafelanschrift war die konsequente Folge des experimentellen Vorgehens. Sie wurde von der Lehrerin helfend vorgegeben und übersichtlich strukturiert. Schüler wurden an der letztendlichen Ausformulierung der Stichworte beteiligt.

War nun die Analyse beendet und das Verhältnis der Gasvolumina mit  $H:O = 2:1$  bestimmt, so schickte sich die Studentin nun an, das Eudiometer, analog zum "Hofmann", einzuführen und den geplanten Arbeitsgang zur Synthese von Wasser aus den Elementen zu erklären. Kein Zweifel, das versuchstechnische Niveau dieser Stunde war hoch, sehr hoch und die Studentin arbeitete über alle Arbeitsschritte hinweg bewundernswert erfolgreich.

Nun waren 31 Minuten seit dem Stundenstart vergangen. Das Eudiometer (die junge Lehramtlerin versuchte sich der Forderung nach einer etymologische Herleitung des Begriffes mit dem Hinweis "'Eu' wie Euter" zu entledigen! *Eudiometer* (gr.: *eutia*: stehende Luft, Windstille; gr.nlat.: *Glasröhre zum Messen von Gasen*; "Luftgütemesser", da in erster Linie der Sauerstoffgehalt in einem Gasvolumen interessierte)) wurde, wie 27 Minuten zuvor der Dreischenkelapparat, erläutert und mit Wasserstoff und Sauerstoff aus den Flaschen im idealen Verhältnis befüllt. Nach der Piezozündung war kein Restvolumen mehr erkennbar. Ein Schüler faßte die Beobachtung zusammen: "Das, was Sauerstoff und Wasserstoff war, ist jetzt Wasser, also flüssig!" Es wurde nun allerdings nicht mehr darauf eingegangen, daß in einem komplexer ausgestatteten Eudiometer mittels eines Heizdrahtes der Gasraum erhitzt wird, und daß aus 3 Raumteilen Eduktgemisch letztlich zwei Raumteile Wasserdampf werden; und daß dieses Resultat, im Verein mit dem Hofmann-ergebnis schlußig auf ein zweiatomiges Sauerstoff- bzw. Wasserstoffmolekül hinweist. Die hier gewählte Auswertung beschränkte sich auf die vollständige Umsetzung eines Gasmisches aus Wasserstoff und Sauerstoff in quantitativer Analogie zur Entstehung bei der Elektrolyse.

Das übersichtliche Tafelbild wurde nicht ganz konsequent vervollständigt (Vgl. Skizze unten).

#### Zersetzung und Synthese von Wasser

##### I. Zersetzung

V Hofmannscher Apparat

a) Aufbau

b) Beobachtung

1. Anode (+): 20.6 ml: positive Glimmspanprobe

2. Kathode (-): 42 ml: positive Knallgasprobe

c) Erklärung

1. Sauerstoff:

2. Wasserstoff

d) Gleichung:  $\text{Wasser} \rightarrow \text{Wasserstoff} + \text{Sauerstoff}$

(Vgl. zu a), b) und c): Arbeitsblatt und Diktat)

##### II. Synthese

V Eudiometer

a) Aufbau

b) Durchführung und Beobachtung

Wasserstoff : Sauerstoff = 2 : 1; Restvol.: 0 ml

c) Erklärung

Auch der Eudiometerversuch konnte vom Schüler mit Hilfe einer fertigen Skizzenkopie ins Heft übernommen werden. Sowohl zum Analyse- als auch zum Syntheseversuch wurden Merksätze diktirt. Dabei verstand es die Studentin gut, dem Schüler bei der so wichtigen Unterscheidung von wesentlich und unwesentlich zu helfen. Sie wies an, welche Begriffe im Diktatext mittels Farbstift hervorzuheben seien.

Dass sich im ersten Diktat der Satz befand: "Im Wasser sind die Elemente Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältnis 2 : 1 enthalten!" gäbe zu einer eigenen Betrachtung Anlaß und soll hier nur marginal erwähnt werden (vgl. auch Kiechle 1995, Hüttner 1996).

Alles Vorgehen dieser lehrer geleiteten Stunde führte zu einem runden Abschluß, der zudem pünktlich nach 45 Minuten erfolgte. Die Planung war *erfüllt*, die Versuche sind *gut gegangen*, die Schüler haben *mitgemacht*, die Merksätze stehen *im Heft*, der Aufwand hat sich *gelohnt* und die nächste Stunde kann gut zur *Weiterführung* in der Unterrichtseinheit verwendet werden. Die Studentin, die die nächste Stunde nicht zu halten hatte, schlug vor, einiges zur Wasserstofftechnologie zu sagen. So sollte nach ihrer Auffassung der alltagsorientierte Aspekt des Themas Berücksichtigung finden.

Der erfahrene Leser wird zugeben, daß er solche Stunden kennt. Sie werden häufig gut bewertet, besonders dann, wenn sie neben experimenteller Virtuosität frei von fachlichen Unstimmigkeiten sind. Ihre Diskussion endet zumeist mit einem "Weiter so!", häufig mit der verständnisvollen Einschränkung, nicht zu viel in eine Unterrichtsstunde hineinzupacken und bei der Beteiligung von Schülern mehr auf ordentliches Melden, die Verwendung der Fachbegriffe und das Formulieren ganzer Sätze zu achten.

Auch wenn die Studentin mit Berechtigung stolz auf diesen Lehrversuch sein durfte, traute ich mich doch, einen Aspekt meiner Stundenmitschau betont in die Besprechung miteinzubringen.

Nach über 1000 Unterrichtsstunden, die ich während meiner Zeit als Seminarlehrer beobachtet, protokolliert und ausführlich besprochen hatte, komme ich mehr und mehr zu dem Schluß, daß der eigentliche Sinn einer experimentell ausgerichteten Chemiestunde häufig, zu häufig übersehen wird.

**Das Experiment wird in der Schule und besonders im Sekundarstufenbereich I, also in der Phase des Bekanntwerdens der Schüler mit der Arbeitsmethodik ihres neuen Faches, fast ausschließlich von seinem Effekt her beurteilt und "ausgewertet". Das Entdecken einer absoluten Notwendigkeit des Experiments für die Überprüfung einer Vermutung, deren Wahrheitsgehalt oder deren Irrtümlichkeit auch unabhängig vom Experimentator selbst also objektiv Gültigkeit erhalten soll, wird viel zu sehr vernachlässigt.**

**Dem Sinn von Schulexperimenten muß neu nachgegangen werden; auch deshalb weil die Vermehrung und Verbesserung von Schulexperimenten keinerlei korrigierenden Einfluß auf die schon zitierte Unbeliebtheit des Chemiefaches ausgeübt hat. Wenn es nicht gelingt, den Chemieschüler überzeugend erleben zu lassen, daß er mit dem Experiment eine fantastische Möglichkeit für einen allgemeingültigen Erkenntnisgewinn an die Hand bekommt, gerät das vorgeführte, voraussetzungslose aber effektreiche Experiment zum Schauversuch. Da er nicht an Fragen gebunden ist, lassen sich an seinen oftmals beeindruckenden Effekten auch keine Antworten festmachen. Er führt dann nicht zu einer folgerichtigen Argumentation mit einer überzeugenden Endaussage, sondern er stört sie. Dies ließe sich sogar mit neueren Erkenntnissen der Kognitionsforschung in Einklang bringen, wonach "bestimmte kognitive Leistungen an bestimmten inhaltlichen Materialien möglich sind, an anderen dagegen nicht" (Prinz, Strube 1997, S.150).**

Selbstverständlich hat auch der gelungene Schauversuch seine Berechtigung, besonders dann, wenn aus den Phänomenen Fragen hervorgehen, die sich über Hypothesenbildung zum eigentlichen, hier deduktiv eingesetzten Experiment verdichten lassen. Für sich genommen repräsentiert er jedoch die Chemie und ihre Methodik weitaus weniger -und das ist für die Schule besonders ausschlaggebend- als ein Experiment, das mit den Schülern entwickelt, durchgeführt und zur Klärung einer vorher formulierten Hypothese eingesetzt wird. Ein derartiger Umgang mit dem chemischen Schulexperiment wird weitaus seltener gepflegt obwohl gerade er erwarten läßt, daß Schlüsselqualifikationen besser ausgebildet werden können und mit ihm den Ansprüchen einer neuen Lernkultur adäquater entsprochen geantwortet werden kann (Weinert 1997). Auch als Reaktion auf die Ergebnisse der TIMSS-Studie (Baumert 1997) sollte man sich eine diesbezügliche Neuorientierung überlegen.

Wir sind uns als Chemielehrer darüber im Klaren, daß dieser bessere Weg der zeitlich und methodisch aufwendigere und feinsinnigere ist. Vielleicht ist diese Erkenntnis der Wendepunkt auf dem Weg zu immer mehr Unbeliebtheit und zu immer mehr Vergessen im und nach dem jahrelangen Chemieunterricht und damit auch zur allseits beklagten Akzeptanzproblematik angewandter Naturwissenschaften (Todt, Götz 1997).

Auch und gerade mit Blick auf die Lehrerausbildung und auf eine Qualitätsverbesserung von Chemieunterricht erscheint es lohnend, dieser Vermutung lehrwissenschaftlich, also fachdidaktisch und vor Ort nachzugehen (vgl. Woest 1997).

Literatur:

- 1 Woest,V.:Alltagsorientierter Chemieunterricht; Bremer Reihe Umwelterziehung H.3, Bremen 1996
- 2 Bourdieu,P.:Wider den Terror der Einschaltquoten; in: SZ v. 27./28.12.97, S. I
- 3 Anton,M.A.:Didaktische Variation und Kontaktvariation im Chemieunterricht, Peter Lang Verlag, Frankfurt1998
- 4 Mager,R.F.: Lernziele und Programmierter Unterricht; Beltz, Weinheim 1972
- 5 Kiechle.H.: Ein Stoff wird aufgebaut: Die Synthese; Die Zersetzung - eine chemische Reaktion; Chemischer Partnertausch: Die Umsetzung; Manuskript zu "Didaktische und methodische Aspekte des Unterrichtsstoffes der Jgst.9" (unveröffentlicht), München 1996
- 6 Hüttner,R.:Woraus besteht Wasser? in: Chem.Sch., Berlin 42(1996)H.9,S.310-313
- 7 Prinz,W.;G.Strube:Kognitionswissenschaften; MPI für Psychologische Forschung, München Reprint 43/1997
- 8 Weinert,F.E.:Lernkultur im Wandel; Max-Planck-Institut für Psychologische Forschung München, Reprint 42/1997
- 9 Baumert,J.;R.Lehmann et al.: TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich; Leske+Budrich, Opladen 1997
- 10 Todt,E.;C.Götz: Hoffnungen und Befürchtungen von Jugendlichen gegenüber der Gentechnik; in: ZfDN 3(1997)2,15-22
- 11 Woest;V.: Den Chemieunterricht neu denken; Leuchtturm, Alsbach 1997

(Eine intensivere Betrachtung dieses oben geschilderten Phänomens, wonach die Effektbetrachtung eines Schulexperiments weitgehend über die Ursachenbetrachtung und Hypothesenbildung dominiert, hat zu weiteren Schlussfolgerungen geführt, die in einer weiteren Veröffentlichung (vgl. Chemie in der Schule 46(1999)2, 109-112) und in Vortragsmanuskripten verdichtet worden sind.)

Im Chemieanfangsunterricht werden Grundlagen chemischen Wissens geschaffen. Die Aufarbeitung der Inhalte geschieht dabei vorrangig auf induktive Weise, d. h. aus der Betrachtung mehrerer Beispiele wird ein ihnen zugrunde liegendes Prinzip abgeleitet und zu einer – wenn möglich – Merksatzregel verdichtet. Beispielsweise werden mehrere Metall- und Nichtmetalloxide dargestellt, in Wasser aufgenommen und die Lösung mit geeigneten Indikatoren überprüft. Die Regeln „Metalloxide ergeben in ihrer wässrigen Lösung Laugen“ und „Nichtmetalloxide bilden in wässriger Lösung Säuren“ zählen zu den gut merkbaren Grundsätzen einer gelingenden und hilfreichen Stoffsystematik; primär innerhalb des gekürzten PSE.

Dieses konvergente Vorgehen und die damit verbundene Suche nach zunächst nicht manifesten Gemeinsamkeiten entspricht auch ganz allgemein der fachwissenschaftlichen Methodik.

Es wird jedoch aus mehreren Gründen den lehrwissenschaftlichen (fachdidaktischen) Postulaten nicht gerecht. Einmal weil die deduktiv ausgerichtete divergente Blickrichtung des Sekundarstufe-I-Schülers auf die Umwelt die konvergente dominiert: „Das Interessante sind

die Unterschiede!“, und zum anderen, weil die induktive Vorgehensweise mit zu wenigen und oftmals nicht gut geeigneten Experimenten gestaltet werden muss. Überdies beansprucht das induktive Vorgehen zwangsweise viel Zeit: „Das Induktive ist das ‚lange Langsame‘“!. Und es läuft zumindest Gefahr, zunächst aufgrund der Redundanz des experimentellen Geschehens („Immer wieder dasselbe handling.“) aber auch wegen der schon erahnbaren, fallweise bekannten oder zumindest antizipierbaren Resultate ganz einfach langweilig zu werden.

Dieses Dilemma kann bei manchen kritisch reflektierenden Lehrern als bekannt vorausgesetzt werden. Ist man erst einmal darauf aufmerksam geworden, so findet man immer mehr Beispiele – wie beim Schwammerl (=Pilze)-Suchen! Über die Jahre und Jahrzehnte haben sich über diese Problemlage Vorgehensweisen gelegt, die für die Lehrwissenschaft eine besonders interessante Charakteristik aufweisen. Die experimentell arbeitenden Chemielehrer decken im Anfangsunterricht Regeln und Gesetze lehrplangerecht auf. Dies geschieht jedoch mit Hilfe von deduktiv orientierten Experimenten!

Die Herleitung der Volumengesetze bei Gasreaktionen durch die Wasserzerlegung (eigentlich durch die Schwefelsäureelektrolyse) mit dem Hofmannschen Dreischenkel- oder Zersetzungsapparat ist hierfür ein besonders schönes Beispiel. Allein die besondere Gestaltung des Glasapparats zeugt von einer komplexen, deduktiv zu überprüfenden Hypothese, der er seine spezielle Konstruktion zu verdanken hat. Im Unterricht der Jgst. 8 oder 9 wird er meist ohne langen argumentativen Vorlauf eingesetzt, und – der Praktiker erinnert sich – die Knallgas- und Glimmspanprobe werden genau an den „richtigen“ Schenkeln durchgeführt. Der zeitliche Aufwand hält sich damit deutlich in Grenzen und es gilt: „Das Deduktive ist das ‚kurze Schnelle‘!“. So eingesetzt, dient der Versuch primär einer Demonstration des handwerklichen Vorgehens in der Chemie. Auf die langwierige Hypothesenentwicklung wird kaum eingegangen. Man wird feststellen müssen, dass dies auch für viele andere Unterrichtsversuche Gültigkeit besitzt.

Da er durch ein weiteres induktiv orientiertes Vorgehen nicht ergänzt wird und auch eine Überprüfung der Konstanz der Ergebnisse durch einen Eudiometerversuch nur selten erfolgt, erhält die mit ihm eigentlich herzuleitende Gesetzmäßigkeit einen hohen Grad empirischer Unabhängigkeit. Das ist genau das Gegenteil dessen, was den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn begründet. Dies kann in der schulischen Alltagspraxis noch ungewollte Unterstützung erfahren, wenn sich das vom Lehrer „erwünschte“ Ergebnis nicht einstellt, z.

B. weil zum Demonstrationsbeginn die Säurelösung über der Anode nicht sauerstoffgesättigt wurde und sich das „richtige“ Volumen nicht ergibt.

Versuche, die von ihrem Konzept her deduktiv ausgerichtet sind, dabei jedoch dazu dienen sollen, induktiv zu ermittelnde Regelmäßigkeiten einigermaßen zwingend herzuleiten, erleiden auf diesem Weg einen doppelten Bedeutungsverlust: Das was sie leisten können, wird ihnen nicht abverlangt, und bezüglich der an sie gestellten Ansprüche sind sie fehlbelastet. Dieser inadäquate Experimenteinsatz trifft auch noch auf eine relativ dazu ungeeignete Motivationskonstellation bei Schülern der Mittelstufe.

Den noch nicht ausgeprägten Tendenzen konvergenten Denkens, also der Suche nach Gemeinsamkeiten, nach Prinzipien, die erst bei Schülern der Oberstufe als Anliegen konstatiert werden können, wird mit der Verwendung von Experimenten begegnet, die zwar die vorhandenen Bedürfnisse einer Suche nach Unterschieden befriedigen könnten, für diesen Zweck aber nicht verwendet werden. Ich will dieses fachdidaktisch interessante Phänomen als „**Kontextfalle**“ bezeichnen.

Es ist davon auszugehen, dass diese Kontextfalle nicht in jedem Lehr- und Lerninhalt lauert. Wir sollten jedoch als Lehrer damit rechnen, dass wir öfters hineintappen als uns bislang bewußt war. Sie ließe sich sogar als Begründung für das eigenartige Phänomen heranziehen, das jedem routinierten Lehrer mehr oder weniger häufig widerfährt; dass er nämlich sein Stundenziel auch dann immer erreicht, wenn von den eingesetzten Versuchen – aus welchem Grund auch immer – keiner gelingt!

Kann es nicht sein, dass wir, die Chemielehrer mit dieser tradierten Vorgehensweise die Schüler der Sekundarstufe I und II auf jeweils spezielle Weise fehlbelasten? Im Gegensatz zu der letztlich gewollten Vermittlung der großen Bedeutung des chemischen Experiments im Schulunterricht heißt die Botschaft: *„Experimente sind schön, aber letztlich für das Verstehen unwichtig und überflüssig. In der letzten Konsequenz stören sie als Phänomene die gedankliche Arbeit im Abstrakten!“* Eine derartige Entkopplung von Theorie und Praxis fachwissenschaftlicher Inhalte ist deshalb besonders prekär, weil die Chemie gerade durch die enge Verzahnung beider Ebenen charakterisiert ist, mehr als alle anderen Naturwissenschaften (vgl. hierzu: Jensen, W. B.: Logic, History, and the Chemistry Textbook; in: JchemEd. 75 (1998)6, 679-687: 684.). Hier entfernt sich der Unterricht von seiner wissenschaftspropädeutischen Zielsetzung.

Es ist zu vermuten, dass diese Zusammenhänge auch Ursprünge für die eigenartige und ungebrochene Zunahme der Aversion vieler Schüler gegenüber ihrem Fach Chemie darstellen.

Dass sich dies bevorzugt dann abzeichnet, wenn Schüler der Sekundarstufe I (ab Jgst. 8, 9) in ihren Einstellungen verfolgt werden, und nicht schon früher, hängt wohl mit der Schwerpunktsetzung im Chemieunterricht zusammen.

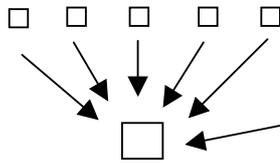
Im Primarstufenunterricht (Sachkunde, Naturwissenschaft) steht das Phänomen, die Beobachtung im Vordergrund und nicht deren abstrahier- und Verallgemeinerbarkeit. Die induktiven und deduktiven Orientierungen der Experimente sind noch nicht wirksam und die Kontextfalle schnappt (noch) nicht zu. Dies alles gilt selbstverständlich nicht für alle Schüler, Schultypen und Chemielehrer, aber für die Mehrheit und die ist der wichtigste Kunde der Fachdidaktik.

Noch sei es hier nur am Rande erwähnt! Der Bildungswert chemischen Grundwissens erleidet gerade durch den oben beschriebenen deutlich suboptimalen Einsatz der fachspezifischen Methodik des Erkenntnisgewinns den seit Mitte des vorigen Jahrhunderts beklagten Bedeutungsverlust (Arendt 1868). Und ein Fach, das „nur“ veranschaulicht und erklärt, leistet nicht dasselbe wie ein anderes, das die domänenspezifische Genese der Beziehungen zwischen beiden, also zwischen Anschauung und nützlicher Deutung zum Inhalt hat. Erst diese Leistung schafft beim Einzelnen ressourcengespeistes vernetzbares Wissen und ermöglicht kompetentes Handeln aufgrund positiv-kritischer Werteorientierung. Was ist das aber anderes als Bildung?!

Da Erschwernisse der Erklärarbeit allerhöchste Ansprüche an die Methodik der Unterrichtsführung stellen, erscheint es fast als zwangsläufig, wenn mehr oder weniger deutlich auf verbindende Elemente aus dem fachwissenschaftlichen Inhaltskatalog, etwa das Mathematische spezialisierend ausgewichen wird. Das oftmals übertriebene Rechnen im Chemieunterricht kommt dann einer didaktischen Einnischung gleich. Sie hat das Ziel, die als besonders anspruchsvoll erkannten Alternativen, wie sie oben geschildert wurden, zumindest streckenweise meiden zu können.

Eine andere beobachtbare Reaktion ist der Verzicht auf Experimente! Es ist aufgrund der erkennbaren Zusammenhänge nicht mehr verwunderlich, dass die hiervon betroffenen Klassen keinesfalls leistungsschwächer abschneiden.

**Induktiv**  
 „Immer wenn ... , dann ...“



**Konvergentes Vorgehen und Denken**  
**Suche nach und Betonung von Gemeinsamkeiten**  
 (häufig in submikroskopischen Bereichen)  
**Lernen von Daten, Informationen und fachlichen Methoden**

Aufdecken von Regeln und Gesetzen  
 Systematisches Denken und Arbeiten  
**Erstellen von Systematiken**

(fachsystematische Grundlegung: konvergent vor divergent)  
 (traditioneller Anfänger-Unterricht)<sup>2</sup>

Schülerempfindung (Sek.st.I):

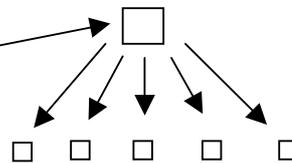
„Das Interessante sind die Unterschiede“

**Lehrerempfindung:**

„Das Induktive ist eher das ‚lange Langsame!““

(Geringe Zuwachsraten und deutliche Defizite an induktiv einzusetzenden Experimenten für die Sek.st. I (vgl. chemiedidakt. Lit.))

**deduktiv**  
 „Wenn immer ... , dann auch ...“



**Divergentes Vorgehen und Denken**  
**Suche nach und Betonung von Unterschieden**  
 (häufig in phänomenologischen Bereichen)  
**Umgehen mit Daten, Informationen und fachlichen Methoden**

Anwenden von Regeln und Gesetzen  
 Systematisches Denken und Arbeiten  
**Erstellen von Systemen**

(traditioneller Fortgeschrittenen-Unterricht)<sup>2</sup>

aber

Schülerempfindung (Sek.st. II):

„Das Interessante sind die Gemeinsamkeiten“

**Lehrerempfindung:**

„Das Deduktive ist eher das ‚kurze Schnelle““

(Hohe Zuwachsraten und Überschüsse an deduktiv einzusetzenden Experimenten für Sek.st. II (vgl. chemiedid. Lit.))

„Kontextfalle“<sup>2</sup>

Systematisierende Vermittlung der Fachinhalte mit deduktiv orientierten Experimenten  
 vornehmlich im Chemieangangsunterricht (Sek.st.I)

und bei lernpsychologisch günstigen Voraussetzungen für grob divergentes Denken<sup>3</sup>

Systematischer Umgang mit den Fachinhalten mit induktiv orientierten Experimenten  
 vornehmlich im Chemiefortgeschrittenenunterricht (Sek.st. II)

und bei lernpsychologisch günstigen Voraussetzungen für grob konvergentes Denken<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Die zweispaltig angeordnete Unterscheidung und Charakterisierung dient zur besonderen Kontrastierung. Sie beschreibt eine Grundlage für Vortrag und Diskussion. Mit ihr wird keine semantische Begriffsdefinition angestrebt.

<sup>2</sup>Die in sich durchaus schlüssige Gegenüberstellung wird durch die geltende Praxis konterkariert. Wo induktives Vorgehen von der fachwissenschaftlichen Seite her sinnvoll und konsequent erscheint und von der fachunterrichtlichen Logik meist übernommen und auch gerechtfertigt wird, stößt es lernpsychologisch auf ungünstige Voraussetzungen.

Dieses „traditionelle“ Überkreuzen von fachwissenschaftlichen Kriterien mit lehrwissenschaftlichen Bedingungen wird hier als „Kontextfalle“ bezeichnet. Sie beschreibt die häufig beobachtbare Inkongruenz von fachspezifischem Anspruch und lehrwissenschaftlicher Leistungsfähigkeit – auch als eine der möglichen Ursachen für die suboptimalen Wirkungen des Chemieunterrichts.

Durch einen inadäquaten Experimenteinsatz wird sie in ihrer Wirkung verschärft. Ein solcher kann es mit sich bringen, dass die mit ihm eigentlich zu vermittelnde Regel oder Gesetzmäßigkeit nicht ausreichend überzeugend vorgestellt wird. Bei Problembearbeitungen wird sie folglich wenig beherrscht angewendet und kaum kombiniert mit anderen. Ein solcher eher erfolgloser Einsatz von als wertvoll „verkauften“ Werkzeugen kann dann eher zu einer Aversion als zur gewünschten Appetenz führen. Man könnte daraus folgern, dass die Regelableitung und –nutzung auf Theorieebene durch die Nichtstörung mittels Experimente weniger dramatisch verlaufen könnte.

<sup>3</sup>Vgl. hierzu auch die Typendifferenzierung aus: Rost, J. et al.: Struktur und Veränderung des Interesses an Physik bei Schülern der 6. bis 10. Klassenstufe; in: Zeitschr. für Entwicklungspsychol. u. Päd. Psychol. 31 (1999)1, 18-3.

## **6. Wo liegen die Konsequenzen –nicht nur- für den unterrichtlichen Experimenteinsatz?**

Es darf uns in Zukunft nicht nur um eine weitere Intensivierung des Experimentalunterrichts gehen, sondern viel mehr und vor allem um die Vermittlung, dass keine naturwissenschaftlichen Erkenntnisse direkt aus der bloßen Betrachtung gewonnen werden. Stets entstehen sie aus dem fortgesetzten Gedankenspiel von Deutungssystemen und den daraus entwickelten Experimenten.

Ein Experiment ist grundsätzlich gedanklich antizipiert. Damit ist es die Konsequenz einer Vorstellung von dem, was passieren müsste, wenn das angewandte Deutungssystem brauchbar ist.

Brauchbar oder wahr ist es u. a., wenn es den ins Auge gefassten Ausschnitt der Wirklichkeit weitgehend widerspruchsfrei erklärt.

Diese Zusammenhänge werden dann auf besondere Weise hinterfragt, wenn die Phänomene und die dazu gehörenden Erklärungen, also die Erkenntnis von den Zusammenhängen, bedeutsam sind.

Wollen wir also in unserem Chemieunterricht das Experiment als wesensbestimmendes Mittel für den Erkenntnisgewinn bedeutungsvoll für den Schüler erscheinen lassen, so muss vor den Entwurf eines Aufbaues und vor die Durchführung seine Begründung ermittelt bzw. mit dem Schüler entwickelt werden.

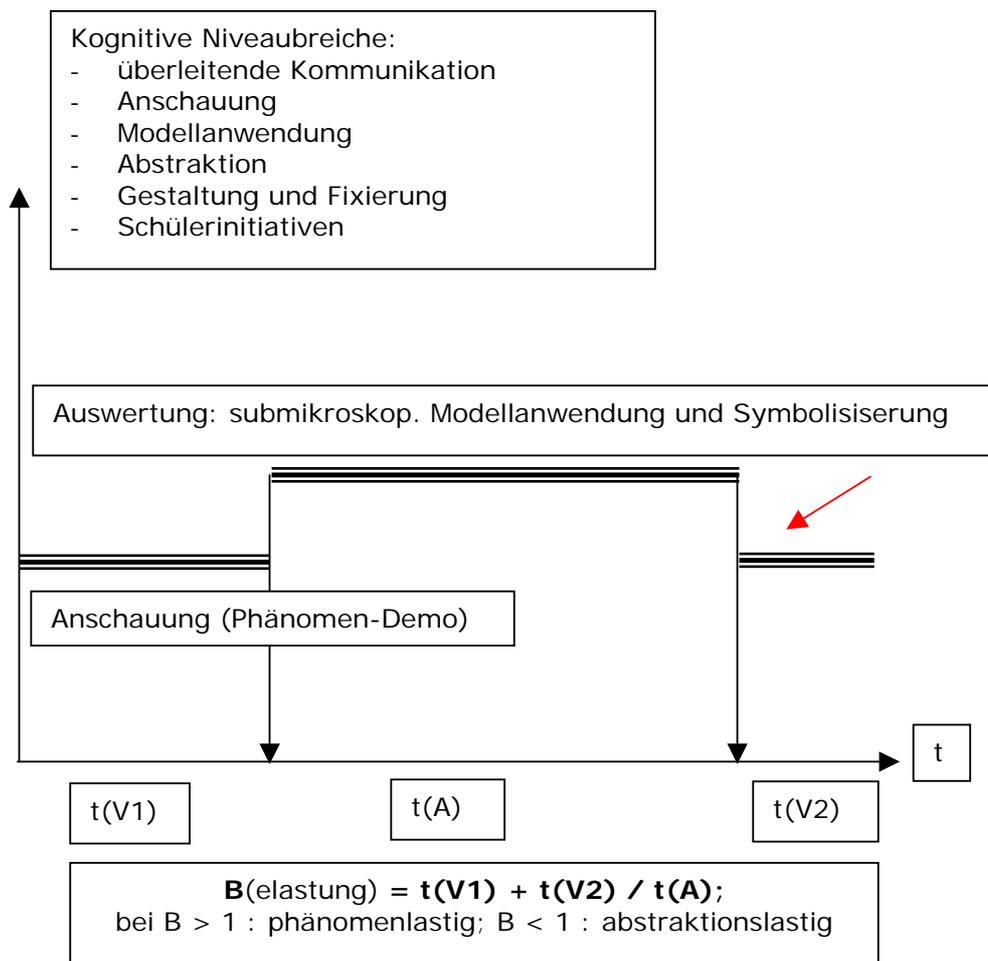
Beachtet man darüber hinaus auch noch die Rolle der Sinnggebung für den Lerneifer, die diese Empirie für jeden einzelnen Schüler haben soll, so wird das ganze Ausmaß an Schwierigkeiten und Herausforderungen des Chemieunterrichtens sichtbar.

Und das gilt nicht ausschließlich für den Unterricht in der Schule, sondern auf völlig analoge Weise auch für die Chemielehre an der Hochschule (vgl. Manuskript zum Vortrag am 28.11.01, Uni Wien).

An dieser Stelle darf jedoch mit dem Nachdenken nicht aufgehört werden. Die lehrwissenschaftliche Analyse steht ja nicht nur vor Schwierigkeiten, sondern sie bietet auch viele Chancen für die Lösung der komplexen Probleme.

Wir wissen heute viel mehr über die Gesetzmäßigkeiten des Lehr- und des Lernprozesses, so dass es möglich ist, hilfreiche Konsequenzen zu ziehen.

1. Exemplarisches Vorgehen: Die Auswahl der Inhalte in einer Pflicht- und Kürform darf sich auf wenige beschränken und die Lehrpläne sind entsprechend zu konzipieren
2. Verdeutlichen der Bedeutung des Erkenntnisgewinns für den Schüler, die eine Auseinandersetzung mit den Inhalten rechtfertigen und begünstigen. Differenzierung zwischen den Lernargumenten: Sammeln von Fachinhalten zur Vervollständigung von Wissensgebieten und/oder zum unmittelbaren praktischen Anwenden.
3. Beachtung der gegensätzlichen Effekte von Staunen und Fragen bei der Entwicklung motivationaler Konzepte in der Unterrichtsführung. Differenzierungen zwischen Motivation und Interesse, zwischen Strohfeuer und Begeisterung, zwischen Spaß und Freude, zwischen Anstrengung, Leistung und Erfolg!
4. Berücksichtigung der unterschiedlichen kognitiven Belastbarkeit von Kindern und Heranwachsenden hinsichtlich der Beobachtung und Beschreibung eines Phänomens und seiner abstrakten Erklärung, etwa auf der Teilchenebene.
5. Differenzierung zwischen der erzieherischen Lehrleistung und der sich-bildenden konstruktivistischen Lernleistungen: Der Lehrer kann nicht für den Schüler lernen! Er kann aber den Lernprozess situativ optimal gestalten.
6. Behutsamer Umgang mit dem Experiment. Es müssen der gedankliche Vorlauf und die Konzeption wie auch die Auswertung in gleichberechtigter Weise aufeinander abgestimmt werden. Und es muss nach der Demonstration und der oftmals aufwändigen Auswertung (Beispielsweise bei der Formulierung der Redox-Einzel- und Gesamtgleichungen zur Oxidation primärer und sekundärer Alkanole) einen Rückbezug zum Phänomen (roter Pfeil) geben. Das kann für formalistisch Denkende in Form einer „Gleichung“ beschrieben werden:



7. Hervorhebung der prozessualen Aspekte der energiebegleiteten Stoffartumwandlung (vgl. Physik: Stoffzustandsänderungen), etwa durch die Auswahl von „langsamen Reaktionen“.
8. Entwicklung von Mess- und Bewertungsinstrumenten für die Leistungen der praktisch arbeitenden Schülergruppen
9. Beachtung des Wechsels von Dekontextualisierung und Rekontextualisierung bei der Behandlung von alltagsrelevanten chemischen Inhalte.
10. Fortgesetzte Metakognition und Evaluierung

Mit einer sukzessiven Berücksichtigung dieser **Faktoren zur Unterrichtsgestaltung** erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer langfristig wirksamen Verbesserung von Chemieunterricht im Sinne einer Verstärkung der **Akzeptanz aber auch der Anstrengungsbereitschaft seitens der Lerner**, also der Schüler und Schülerinnen.

Um solches sicher zu stellen, müssen auch die Lehrer bestmöglich ausgestattet werden. Für ein **Update der Lehrerbildung** bedarf es einer intensiven Unterrichtsforschung zu allen **Kompetenzbereichen des Lehrers**.

Diese lassen sich in eine Reihenfolge bringen, welche wiederum den konzeptionellen Abschnitten einer Unterrichtseinheit entspricht.

1. Vertraut sein mit den Inhalten des Faches  
(Fachwissenschaftliche Kompetenz)
2. Kenntnis haben von Umfang und Qualität der bisherigen Wissensinhalte des Lerner  
(Diagnosekompetenz)
3. Vertraut sein mit den Fähigkeiten, Fertigkeiten und Interessenlagen sowie altersspezifische Interessenlagen der Lerner  
(Mathetische Kompetenz)
4. Ausrüsten der Inhalte mit Lern-Adaptoren  
(Didaktische Kompetenz)
5. Präsentieren der Inhalte  
(Methodische Kompetenz)
6. Vermitteln von Sinnhaftigkeit und Bedeutungen einer erfolgreichen Wissenskonstruktion  
(Methodische Kompetenz)
7. Erzeugen kognitiver Konflikte  
(Methodische Kompetenz)
8. Aktivieren von Anstrengungsbereitschaft und Lernstrategien (Lernkompetenzen) unter Beachtung des Hindernis-Ziel-Verhältnisse (vgl. S. 11)  
(Methodische Kompetenz)

9. Unterstützen der Wissenskonstruktion durch Herstellen situativer Lernsituationen  
(Methodische Kompetenz)
10. Kontrollieren der Anwendbarkeit der neuen Wissensinhalte (Rekontextualisierung)  
(Bewertungs- und Beurteilungskompetenz)
11. Reflektieren und evaluieren des abgelaufenen Lehr-Lern-Prozesses  
(Metakognitive Kompetenz)

Um solches zu leisten, stünden uns im Augenblick eine Fülle von Chancen zur Verfügung: LPO I-Änderung (Bayern), Novellierung der Lehrpläne, Konsequenzen aus PISA und TIMSS, Vorgaben des Wissenschaftsrates zur Neustrukturierung der Lehrerbildung inkl. der Fachdidaktiken, Modelle zur Effizienzsteigerung des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts, Aktivitäten des IPN, das mehrjährige IMST<sup>2</sup>-Projekt (Österreich) uva..

Die Gelegenheit ist günstig, insbesondere für eine effektvolle Zusammenarbeit in der Lehrerbildung zwischen Fach-, Erziehungs- und Lehrwissenschaft!

Für das Fach Chemie steht allerhand auf dem Spiel, aber auch für die Didaktiken. Für sie gilt: **„Man muß eine Aufgabe vor sich sehen, und nicht ein geruhames Leben“** (L. N. Tolstoi). Sie müssen ihre lehrwissenschaftlichen Hausaufgaben in der Gesellschaft erledigen, sonst ... !

Was die Konkretisierung dieser Hausaufgaben anbelangt, so können die folgenden Ausführungen zu **Chemieunterricht und lehrwissenschaftliche Forschung** als Argumentations- und lehrwissenschaftliche Maßnahmenhilfe zugezogen werden.

## 1. Das Besondere am Chemieunterricht

In meiner Sammlung von Untersuchungen zur Beliebtheit von Chemieunterricht finden sich mittlerweile mehr als 70 Veröffentlichungen. Die älteste trägt die Jahreszahl 1969; die jüngste stammt aus dem Jahre 1997. Bereits eine oberflächliche Metaanalyse läßt ein widerspruchsfreies Gesamtergebnis erkennen:

1. Chemie ist eines der unbeliebtesten Fächer.
2. Je länger SchülerInnen von der Sekundarstufe I an in Chemie unterrichtet werden, desto größer gerät ihre Abneigung gegenüber diesem Fach.
3. Die Freude am Beobachten von Demonstrationsversuchen wie auch am Selbstexperimentieren wird im Anfangsunterricht zunehmend überkompensiert durch die Furcht vor der theoretisch-abstrakten Aufarbeitung

Neben diesen fatalen Resultaten und gleichzeitig unabhängig von ihnen gibt es zwei weitere in sich geschlossene Entwicklungen, die grundsuchendes Interesse verursachen.

1. In der Literatur zur Unterrichtspraxis finden sich mehr und mehr optimierende Beschreibungen von Schulexperimenten. Hierbei bemühen sich die Autoren sowohl um eine schulspezifische Aktualisierung neuer fachwissenschaftlicher Erkenntnisse (Fullerene, enzyminduzierte Keramikformung, etc.) als auch um die Miteinbeziehung alltäglicher chemischer Substanzen, Gemische und Prozesse (Silicone, Rohrreiniger, Biogasgewinnung, etc.) in lehrplanrelevante Inhalte. Dies alles ist gepaart mit dem immer versierteren gelingenden Medieneinsatz.
2. Viele einschlägige Zeitschriften enthalten Berichte von engagierten ChemielehrerInnen über durchgeführte Projekte und errungene Wettbewerbsiege ihrer ChemieschülerInnen, die allen Informanten unbedingte Hochachtung abverlangen.

Größte Unbeliebtheit des Faches, aktuellste Experimentiertechnik auf Lehrer- und Schülerseite, verbunden mit Multimedia sowie faszinierende Erfolge in der wettbewerbsgeleiteten Wissensanwendung treten in Chemie nebeneinander auf ... und ... passen irgendwie überhaupt nicht zusammen ! Kein anderes Fach (fallweise Ausnahme ist die Physik) hat sich -nunmehr schon seit Jahren- mit solchen Unvereinbarkeiten

auseinanderzusetzen. Es stellt sich also die Frage nach der Möglichkeit einer „coincidentia oppositorum“, des Zusammenfalls der Gegensätze.

Weder eine Verbesserung der experimentellen Ausstattung der Chemie in allen Schultypen noch eine preisgekrönte Anwendung elitären chemischen Wissens haben es bislang vermocht, die Schulchemie beliebter zu machen.

Diese Feststellung muß nicht zum Fatalismus oder zu einer fachimmanenten Schuldzuweisung führen. Aufgrund moderner Erkenntnisse aus der pädagogischen Psychologie, der Lernbiologie und der lehrwissenschaftlichen Unterrichtsforschung lohnt es sich, dem Chemieunterricht besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Das Fach Chemie unterscheidet sich tatsächlich sehr von anderen Unterrichtsfächern.

- Das Unterrichtsfach Chemie zeichnet sich wie kein anderes Schulfach dadurch aus, daß es ein krasses Ungleichgewicht bietet zwischen der Motivationskraft der Phänomene und der ungeheueren Komplexität und Abstraktheit der zugehörigen Theorie.
- In keinem Fach werden die Schüler auf allen lernpsychologischen Ebenen, der kognitiven, der affektiven und der instrumentellen gleichzeitig und von Anfang an so intensiv und übergangslos gefordert.
- Kein Fach kann auf ein so vielfältiges Methodenrepertoire zurückgreifen.
- Kein Fach stellt beim Lehrer an die Gleichzeitigkeit der Fähigkeiten "Präsentieren, Visualisieren, sicheres Arbeiten, Kommunizieren und Improvisieren" so hohe Ansprüche wie die Chemie.
- Nur wenige Fächer bauen auf den jeweils erzeugten Vorkenntnissen über Schuljahre hinweg so kompromisslos, umfangreich und folgenswer auf wie die Chemie.
- In keinem Fach dominiert die Stoffneudurchnahme so sehr die Festigung, das Üben und die Hausaufgabenstellung wie in der Chemie.
- Kein Fach ist mit seinen Inhalten in gleicher Weise so nah an der Lebenswelt des Schülers (Ebene der alltäglichen chemierelevanten Gegenstände, Substanzen und Prozesse) und gleichzeitig so weit davon entfernt (Ebene der Erklärarbeit).

- Kenntnisse aus dem Fach Chemie sind für die unmittelbare Bewältigung des Alltags von Jugendlichen und Erwachsenen nicht erforderlich. Dies gilt für kein anderes Fach. Die Bedeutung dieser Kenntnisse liegt u.a. in der Möglichkeit, gerade diesen Sachverhalt erklären zu können.
- Kein Fach ist im vergleichbaren Ausmaß abhängig von der angepaßten Einhaltung geltender Sicherheitsregeln beim Arbeiten im Labor, im Lehrsaal und in den Schülerpraktika.
- Kein Fach muß sich in derselben Weise mit gleichermaßen diffusen und objektiv falschen wie stabilen und subjektiv erfolgreichen Erklärungskonzepten der Kinder und Jugendlichen auseinandersetzen wie die Chemie.
- In keinem Fach treten von Lehrplan zu Lehrplan so krasse Unterschiede in den inhaltlichen Ausstattungen auf: Anorganische vs. Organische Chemie !
- In keinem Fach wirkt sich das Unterrichtstempo so nachhaltig auf den Unterrichtserfolg aus wie in der Chemie.
- Wenige Fächer schaffen noch während der Schulzeit so umfangreiche und unverzichtbare Grundlagen für andere Fachbereiche wie die Chemie z.B. für die Biologie.

Dennoch ist Chemieunterricht keine „**mission impossible**“. Aufgrund vieler Beobachtungen, Diskussionen mit Praktikern aller Schultypen und nicht zuletzt unter Bezugnahme auf eigene empirische Untersuchungen, ist davon auszugehen, dass eine sensiblere und die Mehrheit der SchülerInnen einer Klasse integrierende Lehrarbeit die Qualität des Chemieunterrichts mit der erforderlichen Nachhaltigkeit („Sustainability“) zu verbessern mag.

Ein solches Vorgehen bedeutet den Abschied von der immer wieder gehörten Aussage von Lehrern, wonach sie schon immer wüßten, was denn die Schüler wollten und was für sie gut sei.

Dies soll mit drei exemplarischen Untersuchungsergebnisse begründet werden.

*Sie berücksichtigen sowohl die Aussage des Leiters des Max-Planck-Instituts für Psychologische Forschung in München: „Wir wissen nicht, wie Eigenschaften von Schülern*

wissenschaftlich befriedigend zu beschreiben sind“ (Weinert, Dillingen 17.4.94) als auch die Ergebnisse einer Befragung an einem ökologisch-humanistischen Gymnasium in Schweden nach den wichtigsten Gütern, die sich 12 jährige Schüler als erhaltenswert und stets verfügbar wünschen. Es ergab sich folgende Rangreihe: Luft, Wasser, Nahrung (Vgl. Erde!), Licht (Vgl. Feuer!) i.S.v. Wärme-Familie-Freunde. Auf solche Bedürfnisse, aus denen heraus sich Wohlergehen neu definieren läßt, müssen wir in Zukunft noch mehr Wert legen.

## 2. Die „301er-Untersuchung“ (Teil 1)

An einer Untersuchung, die ich noch im vergangenen Jahr an 301 SchülerInnen aus den Jgst. 9, 10 und 11 des Gymnasiums durchgeführt habe, soll die Notwendigkeit der *Enttäuschung* von Chemielehrern aufgezeigt werden. Den SchülerInnen wurden 20 Fragen und Statements zum Thema „**Wodurch wird die Akzeptanz des Chemieunterrichts beeinflußt und bestimmt ?**“ vorgelegt.

Nur die Frage 5 soll einer besonderen Betrachtung unterzogen werden. Sie lautet:

5. Sie benutzen einen Alleskleber und wollen damit die Plastikbox Ihrer CD kleben.

Was ist dabei für Sie **besonders wichtig** ? (Bitte ankreuzen ! Mehrfachnennungen sind möglich !)

- Daß der Kleber **funktioniert** !
- Warum der Kleber funktioniert bzw. nicht funktioniert !
- Daß der Kleber **umweltfreundlich** ist !
- Warum der Kleber umweltfreundlich ist bzw. nicht ist !
- Daß der Kleber für Sie **kein Gesundheitsrisiko** darstellt !
- Warum der Kleber gesundheitsschädlich ist bzw. nicht ist

Jgst.Geschlecht	Funktion	Funktion	Umwelt	Umwelt	Gesundheit	Gesundheit
%-Werte	dass	warum	dass	warum	dass	warum
9w	72	33	17	11	28	11
9m	85	34	36	18	37	25
<b>9wm</b>	<b>96</b>	<b>37</b>	<b>35</b>	<b>19</b>	<b>34</b>	<b>26</b>
10w	89	6	39	0	39	22
10m	86	14	31	14	41	20
<b>10wm</b>	<b>87</b>	<b>12</b>	<b>33</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>21</b>
11w	86	19	70	19	70	35
11m	90	25	48	18	58	25
<b>11wm</b>	<b>89</b>	<b>23</b>	<b>55</b>	<b>18</b>	<b>62</b>	<b>28</b>
91011w	84	19	49	12	52	26
91011m	87	26	39	17	46	24
<b>911011wm</b>	<b>91</b>	<b>26</b>	<b>42</b>	<b>17</b>	<b>47</b>	<b>26</b>

Es überrascht, dass die Schüler den chemischen Ursachen von unbestreitbar wichtigen Eigenschaften einer Alltagschemikalie bei weitem nicht den erwarteten Stellenwert zumessen. Auf die Behandlung des Klebers als Unterrichtsinhalt übertragen, bedeutet dies - zumindest für das gewählte Beispiel- eine suboptimale Motivationslage !

### 3. Die „99er-Befragung“

Im Verlaufe einer früheren Untersuchung (Fischer 1993) an SchülerInnen der Jgst.8 (MNG) mit dem Ziel, deren Vorstellungen von den kommenden Chemieinhalten zu erfahren ergab sich ein analoges Bild. Die Lehrer der Schule wurden gebeten, dieselben Fragen so zu beantworten, wie sie glauben, dass ihre Schüler es tun.

Die Frage lautete: **„Was glaubst Du, „bringt“ Dir persönlich dieses neue Unterrichtsfach ?“**

	Schüler	Buben / Mädchen	Lehrer
für den Beruf	54	(50/65)	48 %
für den Alltag	43	(47/32)	30
für die Umwelt	47	(45/54)	67
kein Nutzen	20	(17/30)	7 !

Auch hier ist es so, daß sich die Lehrer -was den subjektiven Nutzen angeht- besonders in den Auffassungen der Mädchen täuschen. Wir können davon ausgehen, dass diese Missverständnisse besonders nachhaltige Wirkungen auf den subjektiven und objektiven Unterrichtserfolg in Chemie haben.

Wenn Motivationslagen deutlich falsch eingeschätzt werden, kann das der kognitiven Auseinandersetzung mit den Inhalten keinesfalls zuträglich sein !

Dazu passend soll ein zweites Befragungsergebnis aus derselben Untersuchung referiert werden:

Auf die Frage: **„Was glaubst Du, muß man können, um im Fach Chemie gut mitzukommen ?“** antworteten die Schüler bezüglich der vorgegebenen Antworten wie folgt:

auswendig lernen	Schüler	54	Lehrer:	59 %
logisch denken		88		78
kreativ und phantasievoll		16		0 !
gutes Vorstellungsvermögen		53		52
praktisch veranlagt		16		33
sprachlich gewandt		12		0 !

**Es erweckt fast ein wenig Traurigkeit, wie wir den Schüler bezüglich seiner Bewertung von so entscheidenden Fähigkeiten wie Kreativität und sprachliche Gewandtheit unterschätzen!**

Die Fragenbetrachtungen stehen mit ihrer Diskrepanz zwischen Lehrer- und Schülervotum in „guter Tradition“. Aktuelle Befragungen bei Lehrern haben ergeben, dass sie sich mehrheitlich wenig Einfluß auf die fachgeprägte Persönlichkeitsentwicklung zutrauen und dass sich deshalb nach ihrem Dafürhalten die Auseinandersetzung mit der Schülerpersönlichkeit nur sehr eingeschränkt lohnen würde (Vgl. *Randoll, D.: Schule im Urteil von Lehrern; Hogrefe, Göttingen 1995, S. 94*).

#### 4. Die „301er-Untersuchung“ (Teil 2)

Zuletzt sei noch auf das Bild eingegangen, welches sich die SchülerInnen vom Lehrer und der Lehrerin machen. Die Frage hieß: **„Beschreiben Sie einen Ihrer Meinung nach guten Chemielehrer/ eine gute Chemielehrerin mit maximal vier geeigneten (selbst gewählten) Adjektiven!“**

Die erhaltenen Bezeichnungen wurden zu dominanten Merkmalen zusammengefaßt, von denen die wichtigsten zitiert sind.

	9 m/w	10 m/w	11 m/w
motivierend	0	3	3 %
<b>gut erklären</b>	<b>17 (15/28)</b>	<b>27 (20/44)</b>	<b>21 (23/16)</b>
<b>lustig, witzig</b>	<b>25 (18/61)</b>	<b>42 (41/44)</b>	<b>17 (14/22)</b>
<b>durchsetzungsfähig</b>	<b>19 (18/28)</b>	<b>15 (14/17)</b>	<b>14 (13/16)</b>
<b>verständnisvoll</b>	<b>19 (17/33)</b>	<b>42 (37/56)</b>	<b>26 (25/27)</b>
<i>experimentierfreudig</i>		1	6

Analoges kann auf die Frage nach dem **„guten Chemieunterricht“** festgestellt werden.

	9 m/w	10 m/w	11 m/w
motivierend	34	51	40
<b>gute Erklärungen</b>	<b>12 (12/17)</b>	<b>40 (43/33)</b>	<b>27 (31/19)</b>
<b>lustig, witzig</b>	<b>20 (18/33)</b>	<b>12 (12/11)</b>	<b>10 (11/8)</b>
<b>lebensnah</b>	<b>7 (7/6)</b>	<b>13 (10/22)</b>	<b>26 (29/22)</b>
<i>experimentell</i>	10	15	16

Letztlich sprechen die Ergebnisse für sich. Dennoch sei auf zwei Auffälligkeiten besonders eingegangen. Das ist zunächst die Aufundab-Entwicklung im Bereich der „guten Erklärungen“ und des „Verständnisses“ über die drei Jgst. hinweg. Zum anderen sind die

„Rufe“ der Mädchen nach denselben Merkmalen mit wenigen Ausnahmen in der Oberstufe besonders „laut“!

Die Untersuchungsergebnisse rechtfertigen zuallererst den Ruf nach einer Verbesserung der Binnenqualität von Chemieunterricht (weit mehr als nach einer Ausweitung des Unterrichtsvolumens, wobei die grundsätzliche Bedeutung der zweiten Forderung, besonders im Felde der Grund- und Hauptschule nicht in Frage gestellt wird).

Bei der ersten Forderung würde es sich wiederum besonders lohnen, die Schüler noch mehr ins Visier zu nehmen und auf deren ausgedrückte oder still geäußerten Wünsche und auch Bereitschaften, sich fordern und fördern zu lassen, genauer hinzuhören.

Hierbei sind die folgenden Schülergruppen von besonderer Ausgewiesenheit: SchülerInnen des Anfangsunterrichts, Mädchen und schultypgeeignete aber leistungsschwächere Schüler. Gerade diese Gruppierungen verlangen zurecht nach einem besonderen didaktischen und pädagogischen Geschick, fordern den Lehrer also auf allen seinen berufsspezifischen Kompetenzebenen und erfordern heute mehr denn je die Auseinandersetzung mit den **Möglichkeiten einer Qualitätsverbesserung des Chemieunterrichts.**

### **5. Die „224er-Untersuchung“**

Eine eigene Untersuchung am Gymnasium hat ergeben, daß SchülerInnen Unterrichtsstunden dann besonders positiv beurteilen, wenn diese die folgenden Bedingungen weitestgehend erfüllen (*Anton 1997*).

1. **Wenn die augenblickliche chemiespezifische Interessenlage der Mehrheit der Schüler einer Klasse getroffen wird.**
2. **Wenn sich die Einstellung zur Chemiestunde über diese hinweg verbessert hat.**
3. **Wenn die eigene Tagesform als relativ gut eingeschätzt wird.**
4. **Wenn die Erklärungen des Lehrers als gut verständlich erlebt werden.**
5. **Wenn den gedanklichen Schritten des Unterrichts weitgehend bruchlos gefolgt werden kann.**
6. **Wenn die Arbeitshaltung der umgebenden Klasse als aufmerksam empfunden wird.**
7. **Wenn die bearbeiteten Lerninhalte einen direkten Bezug zum vorgegebenen Stundenthema aufweisen und das Stundenziel erreicht werden konnte.**
8. **Wenn die Auseinandersetzungen mit den Lerninhalten ohne Zeitdruck geschehen.**

Es lassen sich interessante Beziehungen herstellen zwischen diesen empirischen Befunden und den allgemeinen Forderungen an einen kreativitätsfördernden Unterricht (Vgl. Höhler et al.: *Kreativität in Schule und Gesellschaft*; Auer, Donauwörth 1994, 133).

Können wir mit einer Aufrüstung unseres chemieunterrichtlichen Flaggschiffes, des Experiments die Nachteile minimieren und die Ansprüche erfüllen ?

Viele aktuelle Bestrebungen auf unterrichtsmethodischer und -technischer Ebene lassen solche Hoffnungen entstehen. Kann durch eine verstärkte Miteinbeziehung der Alltagschemie bzw. durch den versierteren Einsatz von Multimedialkomponenten erfolgreich therapiert werden ? Betrachtet man die schon lange Zeit laufenden Bemühungen auf diesen Gebieten, so sollte man eigentlich schon den erwünschten Silberstreif am Horizont erkennen können ! Allein, es tut sich nichts ! Alltagschemie und Multimedia scheinen an den Grundmaladien des Chemieunterrichts nichts zu verbessern !

Vielleicht kommt man der Lösung des Problems näher, wenn man sich mit den Basisanforderungen des Faches Chemie auseinandersetzt und sie auf die Fähigkeiten der Schüler projiziert ? **Wie lautet das Hauptziel des Chemieunterrichts ?**

In einem Chemieunterricht, der für alle Beteiligten nachhaltig erfolgreich verläuft, soll sich der Schüler von der Ankündigung eines Lehrerexperiments oder von Schülerübungen motivieren lassen; er soll sich an den beobachtbaren Phänomenen erfreuen und sie kommunizieren. Wir halten diesen affektiven Stimulus für äußerst bedeutsam und für unsere Absichten sehr hilfreich. Wie selbstverständlich soll er dann nach den Gründen und Zusammenhängen der selbstprotokollierten Beobachtungen fragen wollen und mit Hilfe des Lehrers zur richtigen Lösung gelangen. Sie verinnerlicht er und wendet sie in verallgemeinerter Form auf analoge Fragestellungen außerhalb der Schule und über sein Leben hinweg gewinnbringend an: „Das, was ich gelernt habe, wende ich an, ohne zu wissen, wann ich es gelernt habe“ (R. Anton, 16 J.).

**Warum geht das nicht so leicht ? Warum haben wir hier ein so großes Akzeptanzproblem ?**

Vielfalt und Komplexität unseres Unterrichtsfaches sind für den Mittelstufenschüler nur vordergründig attraktiv; tatsächlich werden sie als eine große Bürde empfunden ! Die Missachtung solcher Zusammenhänge stellt den eigentlich wirksamen limitierenden Faktor für die Qualität des Chemieunterrichts dar. **Weshalb ist das so ?**

Ich möchte mich der Beantwortung dieser Frage aus drei Richtungen nähern.

## **6. Inadäquatheit von fachlichem Leistungsanspruch und dem Fähigkeitsangebot des Schülers**

Lernpsychologische Fähigkeiten und Fertigkeiten auf kognitiven, affektiven und psychomotorischen Ebenen bei den Kindern, Jugendlichen und Heranwachsenden besitzen unterschiedliche Ausprägungen. Sie bilden sich im Verlaufe der Individualentwicklung durch Reifung und durch Beanspruchung erst sukzessive heraus und werden manifest. Auf diesbezügliche Gesetzmäßigkeiten bzw. Regelmäßigkeiten hat **Piaget** (1886-1980) hingewiesen. Seine Untersuchungen haben ihn zur folgenden zeitlichen Staffelung der Entwicklungsstadien geführt: .

<b>Stadium</b>	<b>Altersintervall</b>	<b>Typische Aktivitäten</b>
Sensumotorisch	0 bis 2 Jahre	Wahrnehmung, Wiedererkennen, Koordination von Mittel und Zweck
präoperational	2 bis 7	Verständnis funktionaler Beziehungen, symbolisches Spiel
konkret-operational	7 bis 11	invariante Strukturen von Klassen, Zahlen, Relationen
formal-operational	11 bis 15	urteilendes und hypothetisch-deduktives Denken

Diese Verteilung blieb lange Zeit unbezweifelt. Die geringe Zahl von Probanden sowie die überdurchschnittliche Entwicklung der Probanden, deren Untersuchung Piaget seinen Aussagen zugrundegelegt hatte, verursachte jedoch eine zunehmende Kritik der Verallgemeinerbarkeit seiner Rückschlüsse.

Der amerikanische Professor **Lawson** veröffentlichte 1974 ein Ergebnis eines von ihm entwickelten „classroom tests“, mit dem er die Aussagen Piagets überprüfen wollte. Von 143 Studienanfängern an einer privaten Universität in Oklahoma, die ein Durchschnittsalter von 18.6 Jahren hatten, befanden sich nur 22 % auf dem formal-operationalen Niveau. **Stork** wiederholte die Untersuchung mit Hilfe desselben Testinstruments mit 354 SchülerInnen der Jgst. 10 (Durchschnittsalter: 15.5 Jahre) an vier deutschen Gymnasien.

**Nur etwa ein Viertel der ca. 15jährigen befindet sich sicher auf dem, Abstraktion und Generalisierung ermöglichenden, lernpsychologischen Leistungsniveau !**

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Stadium	Altersintervall nach Piaget	Prozentualer Anteil von N(354)			
		Buben	Mädchen		
Sensumotorisch	0 bis 2 Jahre				
präoperational	2 bis 7				
konkret-operational	(7 bis 11)	10	6	14	%
im Übergang		65	64	70	
formal-operational	(11 bis 15)	<b>25</b>	30	16	

*„Unser Unterricht (CU, d.Verf.) darf also nicht unterstellen, daß die Schülerinnen und Schüler sich ab einem Alter von 12 Jahren in breiter Front auf formal-operationales Denken zubewegen und es mit 15 Jahren mehrheitlich erreicht haben. Ein sehr großer Teil bleibt an konkret-operationales Denken gebunden. Das heißt nicht, daß wir im Unterricht auf formales Denken verzichten sollten oder könnten. ... Wohl aber heißt es, dass wir formales Denken nicht voraussetzen dürfen, sondern uns darum bemühen müssen, es zu entwickeln“ (Vgl. Stork, H.: Chemieunterricht in der Sekundarstufe I; IPN, Kiel 1988, 16-17).*

**Das bestätigt erneut eine Falscheinschätzung der Ausstattungssituation unserer SchülerInnen. Es bedeutet auch das Öffnen der Falle: Mit dem Phänomen locken! Die affektiv unterlegten Forderungen (Versuchsbeobachtungen) können kognitiv nicht anforderungsgemäß erfüllt werden (Abstraktion). Dies ist umso folgeschwerer, als es sich bei der untersuchten Klientel um die Besucher der Jgst. 9 handelt. Mit dieser Klasse beginnt in den weiterführenden Schulen häufig der Chemieunterricht.**

In vielen Fällen wird der affektiv geprägte Zugang zum Prozess einer Stoffartänderung wenig ausgestaltet. Beobachtungen, die aktiv anstrengend über alle Sinneskanäle laufende umfassende Aufmerksamkeit erfordern und ermöglichen, erfahren zumeist in ihren Ergebnissen nur sehr eingeschränkte Würdigung. Schnell werden die konkreten Beobachtungen durch die schlussgefolgerten Fakten ersetzt, selten wird angebunden, das eine vom anderen als abhängig erklärt. Hinter dem faszinierenden Farbumschlag erhebt das „Oxonium-Ion“ mit seiner tetraedrischen Strukturformel und der koordinativen Bindung. Die Farbe degradiert zur Verständnisprothese, für den, der „immer noch“ induktiv erschließen muß.

Die Verfärbung des Indikators ist genauso wichtig wie die Kenntnis, dass es sich ursächlich um eine Säure-Base-Reaktion nach Brönsted handelt ! Weder Lehrer noch Schüler haben Anteil an diesen Vorgängen in der wässrigen Lösung außer über das Experiment ! Wissen entsteht durch Betroffenheit. Lernen funktioniert nur über Gefühle.

**„Wenn du gerne lernst, wirst du auch viel lernen. Was du gelernt hast, erhalte dir durch Übung“ (Isokrates)**

*Vgl. hierzu: Anton, M.A.: Verbrennung als Synthese-Reaktion; Demonstration - Beobachtung - Auswertung; Der Weg ist das Ziel; in: Chem.Sch.41(1994)398-401.*

## **7. Die Motivationskraft und die fachspezifische Motivierbarkeit des Schülers**

Untersuchungen zur Frage nach den Teilursachen von (fachspezifischen) Schulleistungen innerhalb der pädagogischen Psychologie zeigen eine zweite beachtenswerte Vorbedingung von Fachleistungen in der Schule, nämlich dass **der „Motivationseinfluss auf (kumulative) Lernleistung über die Lebenszeit hinweg zunimmt“** (Vgl. Möller, J.; O. Köller: *Emotionen, Kognitionen und Schulleistung*; Beltz, Weinheim 1996, S.31). Bei vorsichtiger Analogisierung mit den Verhältnissen im Schulchemieunterricht bedeutet das, dass die noch wenig ausgeprägte kognitive Potenz beim Mittelstufenschüler auch nicht durch ausgeprägte mitgebrachte motivationale Anteile aufgefangen werden kann. **Im Unterricht der Sekundarstufe I muss demnach nicht nur vermehrt auf eine förderlich Entwicklung der formal-kognitiven Leistungsanteile geachtet werden, sondern gleichermaßen auf eine behutsame Ausformung der noch zarten und sehr diffusen fachspezifischen Motivation.** Beides soll so gestärkt werden, dass neben (und nicht: anstelle !) den phänomenologischen Lehr- und Lernanteilen auch die abstrakten emotionsvoll assoziiert werden können.

Bei der Verwendung des **Interessen-Begriffs** gibt es keine kausale Beziehung zwischen Interessenzuwachs und Leistungszuwachs. Interesse muss durch Faktenwissen erzeugt werden. Erst im Bereich des Reifezustandes eines Studierenden kann von einer wirkungsvollen Verknüpfung zwischen hohem Interesse und zunehmender Leistung ausgegangen werden. Voraussetzungen für den Interessenzuwachs in der Schule sind **soziale Unterstützung und Schülerbeteiligung.** Als Voraussetzungen für den Leistungszuwachs gelten **überzeugende Präsentation der Inhalte, klare Strukturierung des Unterrichts und intelligentes Üben** (Vgl. Roth, Vortrag, Bremen 1996).

## 8. Das Bewerten der Lerninhalte durch den Schüler

Neben den geschilderten Ursachen für die Aversionszunahme gegenüber Chemieunterricht bei einer jungen Mehrheit der Mittelstufenschüler muß neben der lernpsychologischen und der motivationalen Entwicklung noch ein dritter Komplex Beachtung finden.

Dabei handelt es sich um die psychobiologisch und biochemisch **wirksamen Mechanismen des Lernens und der Gedächtnisdynamik**. Bei der Verwendung von Ergebnissen modernster und vielversprechender Lern- und Gedächtnisforschung, die sich auf biochemischer, medizinischer und psychopathologischer Ebene abspielt, ist noch Vorsicht geboten. Dennoch sind die mittlerweile kristallisierbaren Teilresultate beachtenswert. Es stimmt zuversichtlich, **dass sie auf die thematisierte Problematik des Chemieunterrichts erhellend angewendet werden können**.

So unterscheidet man heute zwischen dem deklarativen Lernen, Wissen und Gedächtnis sowie jeweils dem proceduralen und einem psychomotorischen.

Im ersten Fall erwerben wir Wissen über Fakten (episodisches Lernen) und Ereignisse (semantisches L.) und können Vorgänge erinnern. Der Lernprozess ist meist einstufig. Vielfältige Aktivierung dieses Gedächtnisspeichers produziert Wissen, das man „im Schlaf“ parat hat.. Man weiß von Fakten und deren Beziehungen für eine gezielte Anwendung.

Im zweiten Fall entstehen komplexe Automatismen, vom Schwimmenlernen bis zur routinierten Wahrnehmungsleistung. (*Vgl. zur Nomenklatur auch: Weinert, F.E.: Lernen lernen und das eigene Lernen verstehen; MPI f. Psycholog. Forschung, Reprint 18/1994, München*).

Man unterscheidet weiterhin zwischen den drei bekannten Phasen der Gedächtnisleistung, wobei **der eigentlich initiative Lernvorgang über die Tätigkeit des Ultrakurzzeitgedächtnisses abläuft. Innerhalb weniger Sekunden werden zum reizspezifischen Erregungsmuster Assoziationen mit anderen Reizen oder inneren Zuständen gesucht. Es kommt zur kurzfristigen (bis 10 Min.) dauernden Ausbildung eines Arbeitsgedächtnisses**, über den ein frühes kurzzeitiges Gedächtnis in ein spätes langzeitiges Gedächtnis überführt wird (30 bis 60 Min.).

**Langfristig kommt es beim Lernen zu Veränderungen lokaler neuronaler Verschaltungen im Gehirn (Dogma der gegenwärtigen Neurobiologie).**

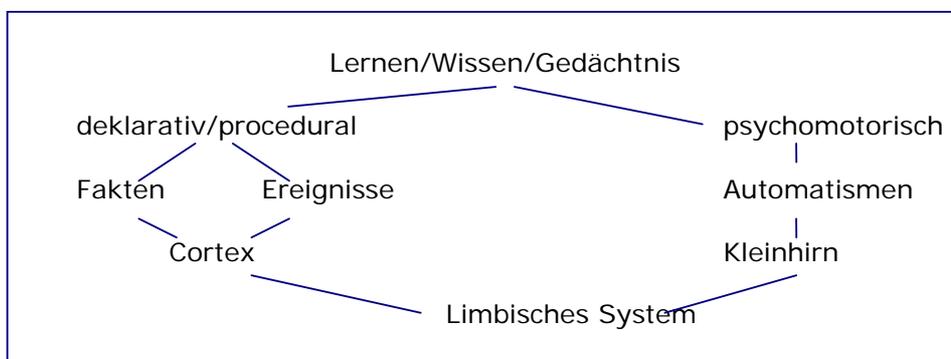
Das Gelingen dieser Vorgänge setzt **Zeit** und ein möglichst **ungestörtes Andauern der neuen Gedächtnisspur** voraus. Kurz aufeinanderfolgende Lernvorgänge stören sich !

Man könnte demnach auch kühn behaupten: **Lernen ist ein zellulärer Wachstumsprozess.**

Die beiden Gedächtnisarten sind unterschiedlich repräsentiert und bedürfen bei ihrer Betreuung der unterschiedlichen Mitwirkung von anderen Hirnregionen. Es ist heute anzunehmen, dass **deklarative Gedächtnisinhalte** modalitäts-, qualitäts- und funktionsspezifisch **an verschiedenen Orten** des Cortex (Hirnrinde) niedergelegt sind. Das bedeutet, das visuelle Gedächtnis befindet sich in der visuellen Cortexregion, das Farbgedächtnis in den farbverarbeitenden Arealen usw.. **DAS Gedächtnis gibt es nicht !**

Die **psychomotorischen Gedächtnisinhalte** befinden sich im Kleinhirn.

Auf biochemischer Basis lautet das Prinzip des Lernens: **Sensorische Erregungszustände führen dann zu einer Modifikation von Nervennetzen, wenn die postsynaptische Zelle durch andere Einflüsse zum Lernen bereitgemacht wird.** Solche Einflüsse kommen von limbischen Zentren. Sie sind mit der Bewertung von Gehirnprozessen betraut. Dies geschieht durch das Wachrufen von **Gefühlen**. In ihrer Kurzform (*Befriedigung, Freude, Erregung, Angst* etc.) spiegeln sie die Bedeutung der jeweiligen zu den neuen Erregungszuständen passenden **Vorerfahrungen** wider.



Wird das Gehirn mit neuen Wahrnehmungs- und Handlungssituationen konfrontiert, dann wird im Lichte der vergangenen Erfahrungen nach zwei Kriteriumspaaren entschieden: **bekannt vs. unbekannt und: wichtig vs. unwichtig !**

	bekannt	unbekannt
wichtig	+	!!!!!!
unwichtig	-	0

**Im Falle höchster Handlungspriorität „unbekannt und wichtig“ werden für die spezifische Weise der Reorganisation alle Gedächtnisinhalte hinzugezogen, die über Erfahrungen in ähnlichen Situationen Auskunft geben können. Anschließend wird das Neue in das Bekannte „hineingelernt“** (Roth, G.: *Neurobiologische Grundlagen des Lernens und des Gedächtnisses*; in: *Zur Didaktik der Physik und Chemie - Probleme und Perspektiven* (Behrendt, H. (Hrsg.), Tagungsbd., Bremen 1996, S.67-86, Leuchtturm, Darmstadt 1997).

Wenn wir diese Kenntnisse auf unser häufiges Vorgehen in der inneren Unterrichtsphase anwenden, bedeutet das, dass wir über die kurzfristigen Aktivierungen von besonders vielen Hirnregionen durch **das Springen von einer lernpsychologisch wirksamen Ebene zur nächsten** die einzelnen Konsolidierungsvorgänge eher stören und in ihrem Ablauf behindern als unterstützen.

Wenn diese elementaren und auch über den Chemieunterricht zu fördernden Prozesse des lebenslangen Lernens beim Abruf der Vorerfahrungen aus dem bisher erlebten Chemieunterricht eher **aversive Erinnerungen** verursachen, dann ist die neue Abspeicherung zwangsläufig erneut suboptimal und wird weniger gern erinnert.

Die Motivationsfalle entpuppt sich als *circulus vitiosus* ! **Es muß von Anfang an dafür Sorge getragen werden, dass die positiven Gefühle beim Chemielernen die negativen stets dominieren.**

### **9. Welche Fähigkeiten bringt „der Mittelstufenschüler“ für den Chemieunterricht wirklich mit ?**

In der Regel wird der Fähigkeit des Jugendlichen, sich am Phänomen zu begeistern und an ihm „dranzubleiben“ zu Motivationszwecken benutzt. Fälschlicherweise gilt es immer noch als eigentliches Ziel, stets verhältnismäßig rasch zu einer symbolischen Form (Symbole, Formeln, Fachbegriffe, Schemata) der phänomenologischen Ereignisse zu gelangen. Für die Chemie bedeutet das, dass die Durchführung von Versuchen, sei es im Schülerpraktikum oder als Demonstrationsversuch des Lehrers wie auch ihre Auswertung im Sinne der Fixierung von Beobachtungen häufig nur die Vorstufen sind zur letztlich, vom Fach aus gesehen „anspruchsgerechten“ Interpretation mit Hilfe der Modellanwendung und Abstraktion unter Verwendung von Element- und Verbindungssymbolen im Zuge der

Aufstellung eines Reaktionsschemas. **Schnell soll der kognitive Bereich den affektiven ersetzen.**

Schüler, die diesen Stufendurchlauf **nicht im erwarteten Tempo** und mit der gewünschten Effizienz und Nachhaltigkeit schaffen, sind (unter der Voraussetzung ihrer Schultypauglichkeit) nicht die besonders desinteressierten, dummen, bequemen und gesellschaftlich verbogenen, die den Einsatz des Lehrers nicht zu schätzen wissen ! Es sind vielmehr diejenigen, welche sich auf der konkret-operationalen Ebene befinden und ihre diesbezüglichen optimalen Fähigkeiten und Fertigkeiten entwickeln und gewinnbringend einsetzen wollen.

**Ihnen wäre also in erster Linie dadurch geholfen, dass sie das Phänomen besonders ausgiebig und detailgenau beobachten.** Sie sind „gut im Beschreiben“, in einer besonders wichtigen naturwissenschaftlichen Domäne. Ihr weiter Wortschatz erleichtert die Formulierung. Sie achten besonders auf Unterschiede in den Ausprägungsgraden z.B. bezüglich Form, Farbe, Verhalten der eingesetzten chemischen Substanzen. Sie eignen sich besonders gut zur Praktizierung beobachtender Forschung, Freude am Detail, am genauen Hinsehen und Hinhören.

Genaugenommen handelt es sich hier gerade um diejenige Schülerklientel, die das Experiment des Lehrers besonders würdigt. Sie sind aber dann auch diejenigen, die besonders kritisch am „richtigen“ Ergebnis interessiert sind. Gerade mit ihnen gelingt die Beweisführung, dafür dass es sich bei der Chemie um eine experimentelle Naturwissenschaft handelt. **Sie sind die wichtigste Zielgruppe des Chemieunterrichts.**

Bezüglich dieser Fähigkeiten und Motivationslagen werden sie jedoch in der Regel nicht im selben Masse belohnt, etwa durch angemessene Anforderungen und Noten, wie die gleichzeitige Schülerminderheit, die sich rasch über die eigentliche Phänomensituation mit wenigen Worten hinwegsetzen und das „wesentliche“ Ergebnis einer Versuchsdurchführung in der richtigen Reaktionsgleichung zu erkennen glaubt. Bei der Bewertung ihrer Leistungen ist der Lehrer relativ leichter dazu geneigt, mit besseren Noten zu antworten.

Die eher unterdurchschnittlich eingeschätzten „**Phänomenologen**“, welche die Mehrheit der Schülerklientel darstellen, werden auf dem Weg durch das erste Chemiejahr sukzessive benachteiligt und ebenso kontinuierlich überfordert. Ihre Erfolgsrate, subjektiv wie objektiv, entwickelt sich zunehmend suboptimal. Ihre Überforderung besteht nicht in der notgedrungen anstrengenden Auseinandersetzung mit einem „sehr, sehr schwierigen Fach“,

sondern in der Hilflosigkeit vieler Lehrer gegenüber den Anforderungen des Lehrplans (Vgl. *ISB-Broschüre: Der Bildungs- und Erziehungsauftrag der Schule, München 1995*) und den fachspezifischen Arbeitstechniken sowie in der unzureichenden Emanzipation von den Fachwissenschaften !

Ein gutes Spiegelbild dieser Ungleichbehandlung sind die **Schulaufgabenfragen**. Nur sehr selten findet man in schriftlichen Prüfungen Beobachtungsfragen und Interpretationsfragen mit einem Schwierigkeitsgrad und in einem Umfang, der es erlauben würde, einem „konkret-operierenden“ Schüler zumindest im Anfangsunterricht dieselben Chancen einzuräumen wie dem vorzeitigen „**Abstraktor**“.

Offensichtlich orientieren wir uns in den Jgst. 8 und 9 an der **falschen Steuergruppe**. Wir praktizieren deshalb auch den unpassenden Unterricht. Es ist auffallend, dass wir die Chemie als ausgewiesene experimentelle Wissenschaft ankündigen und im Verlauf der Schuljahre immer mehr dort auf Experimente glauben verzichten zu können, wo es um „Wesentliches“ (Gesetzmäßigkeiten, Formalismen, Quantitatives, ...) geht.

Es wäre sicher eine Untersuchung wert, diese Zusammenhänge zu objektivieren. Die bis heute bekannt gewordenen Untersuchungen zur Koeduktion weisen überdies aus, dass es eine „verschärfte Betreuung“ der **Mädchen** dann nicht mehr geben bräuchte, wenn für den Mittelstufenschüler die beschriebenen Verhältnisse eingestellt werden könnten (Vgl. *ISB-Broschüre: Typisch Junge ? Typisch Mädchen ? ISB, München 1996*).

**Es liegt auf der Hand, dass im Verlaufe der ersten beiden Drittel einer 9. Chemieklassen der schon beschriebene Großteil der Schüler die Lust an der Chemie verliert -fast möchte man sagen- verlieren muss.** Die Falle ist dann zugeschnappt. Hochbegeistert vom Phänomenreichtum des Faches, gerät der versierte Umgang damit rasch zu einer wertlosen Münze, mit der auf dem Noten- und Anerkennungsmarkt kein Blumentopf zu erstehen ist. Ihre ausgebildeten Fertigkeiten erlauben keine signifikante Gutbeurteilungen; ihre noch nicht entwickelten Fähigkeiten lassen eine Platzierung im vorderen Bereich der Gaußschen Verteilung nicht zu.

Ich halte diese Zusammenhänge für die eigentlichen Gründe der Fachabwertung. „Unbeliebtheit“ ist letztlich nur das undefinierbare subjektive Empfinden dieser folgenschweren Schieflage.

**Chemieunterricht ist also nicht unbeliebt weil er mit seinen Inhalten zu einer bewußten und überlegten Ablehnung herausfordern würde, weil er Kraft der Ticks und Spleens seiner Lehrer polarisiert. Chemieunterricht ist unbeliebt weil er eine vom Schülernovizen nicht prognostizierbare und kaum glaubbare Ohnmacht verursacht. Vom Schüler kann sie nicht reflektiert werden. Er erleidet sie deshalb.**

Die enge Verbundenheit von lernpsychologischer Entwicklung und Akzeptanz der Schulchemie zeigt sich auch in der Tatsache, dass sich die ausgeführten Problemlagen des Mittelstufenunterrichts im Bereich der Oberstufensituation verlieren. Dort sind fast alle Schüler mit formal-operationalen Denkmustern vertraut.

**Mir ist kein Befragungsinstrument zur Chemiebeliebtheit bekannt, das seine Zielsetzung mit diesen Beziehungen im ausreichenden Maße verbindet.**

#### **10. Die Beanspruchung des Schülers beim lernpsychologischen Ebenenwechsel ?**

Um die präkeren Wirkungen zu erzielen, „verläßt“ sich der Chemieunterricht allerdings nicht allein auf die beschriebene Fehlbelastung einer mehrheitlich großen Schülergruppe der Mittelstufe. Eine weitere Feststellung aus dem Routinebereich legt dies nahe.

Wollen wir als Lehrer die Experimente nicht im puren Lehrervortrag bearbeiten, so erschließen wir den Versuch über eine vielstufige Erklärarbeit im Rahmen des Unterrichtsgesprächs. Wir beschreiben den Versuchsaufbau, benennen die Geräte mit Fachbegriffen, begründen die Sicherheitsvorkehrungen und stellen die verwendeten Substanzen vor. Dauert der Versuch länger, so schalten wir z.B. den Heizpilz ein und warten den Start der Reaktion ab. In dieser Zeit skizzieren wir den Versuch an die Tafel oder teilen ein unbeschriftetes Arbeitsblatt an die Schüler aus. In beiden Fällen verzichten wir auf das Zeichnen des Hilfsmaterials wie Stativstangen, Klemmen, Muffen, Schlauchverbindungen etc.. Während der Stoffartumwandlung ergehen Tipps an die Klasse, wird der Blick geleitet und von allen das Produkt herbeigesehnt. Nur der Lehrer weiß i.d.R., was zu erwarten ist. Tritt etwas Störendes ein, wird es zumeist wegdiskutiert. Tritt nichts ein, so wird das gewollte Ergebnis beschrieben und das Experiment beendet. Dies geschieht auch, wenn alles nach Plan verlaufen ist. Wie wird die Auswertung des Versuchs gestaltet ? Die Beobachtung wird ausführlich vom Schüler beschrieben. Keine vorzeitigen Interpretationen („Da entwickelt sich Ethen !“: beim Aufsteigen von Gasblasen) beeinträchtigen die Ergebnisfindung. Der Vergleich zwischen Edukt und Produkt bereitet keine Probleme: es sind noch Proben der Edukte zum Vorher-nachher-Vergleich vorrätig. Die schließlich erwünschten Deutungen werden auf Modellvorstellungen bezogen und anspruchsgerecht unterschiedlich

weit fortentwickelt. Die Niederschrift zu den Versuchsergebnissen obliegt dem Schüler. Der Lehrer schreibt die Gleichung an die Tafel, die er sich von einem „Abstraktor“ hat diktieren lassen. Jetzt steht das richtige Versuchsergebnis fest: Die Reaktionsgleichung und die verallgemeinerte Schlussfolgerung ! Im Unterrichtsgespräch werden Analogien, neue Hypothesen und Ausblicke besprochen. Unter Umständen wird eine reproduktive Hausaufgabe gestellt, der Blick in das Buch verlangt und die Bedeutung des ionischen Mechanismus der heute erlebten Reaktion für die nächste Schulaufgabe als besonders aktuell hervorgehoben. Vielleicht schließt die Sequenz mit dem Hinweis: Diejenigen, die nicht fertig geworden sind, machen den Rest zuhause; wir haben ja für den Versuch sehr viel Zeit gebraucht !

Auf der Basis minutiöser Inhaltsprotokollierungen aus eigener Untersuchung kann verdeutlicht werden, was wir dem Schüler auf dem Weg durch die innere Unterrichtsphase zugemutet haben. Ein „tolles Rauf und Runter“ mit geringen Verweilzeiten auf den einzelnen Anspruchsebenen des geistigen Verarbeitungsapparats der Schüler. Es geht von „Modellen“ zur „konkreten Anschauung“, über die „Abstraktion“ und einer „formelmäßigen schriftlichen Fixierung“ erneut zur „Anschauung“ sowie weiter über weitere „Modellverwendung“ und „Abstraktion“ zur erweiternden „Fixierung“ der Ergebnisse.

Man weiß heute, dass ein solcher Ebenenwechsel sehr anstrengend ist, dass er u.U. die damit einhergehenden Lernleistungsansprüche nicht mehr erfüllen läßt. Untersuchungen zeigen, dass gerade die etwas schlechteren SchülerInnen hierbei aussteigen. Aber nicht weil sie **dem Fach** nicht mehr gewachsen sind, sondern vielmehr **dem Fachunterricht** ! Wir haben herausbekommen, dass für Schüler die Beachtung der folgenden Kriterien hilfreich ist und sie den Anfangsunterricht damit erfolgreicher durchleben.

- **Eine mittlere Anzahl von etwa 4 verknüpften methodischen Niveaubereichen**
- **Einen einbettenden, behutsamen, allseits nachvollziehbaren, langsamen Wechsel von weniger komplexen und komplizierteren Methodenebenen in beiden Richtungen. Dies betrifft in herausragender Weise den Wechsel zwischen Anschauungsebenen (Experiment) und Abstraktionsebenen.**
- **Eine kontinuierliche bzw. sich jeweils an konservierbare Arbeitsergebnisse anschließende Fixierung unter Berücksichtigung einer konsequenten und bewußtgemachten Abfolge von kurzen Lehr- und Lernschritten.**
- **Eine relativ hohe Verweildauer innerhalb der Ebene, in der das entsprechende Repertoire methodischer Hilfen intensive Nutzung erfährt, speziell zur Hilfe für**

**den Schüler, fallweise unter gleichmäßiger Vernetzung mit benachbarten Ebenen, was besonders für Experimente im Unterricht gilt.**

- **Eine ausgeglichene und auf einen Stundenhöhepunkt hinorientierte unterrichtliche Affektivität von Lehrer und Schüler.**

Schüler unterscheiden sich u.a. darin, dass sie unterschiedliche Tätigkeiten im Unterricht unterschiedlich gerne tun. Darin spiegelt sich aber nicht primär die persönliche Neigung wider, sondern -gerade im Anfangsunterricht- die persönliche Fähigkeit und Fertigkeit.

**Werden Phasen des kognitiven Aufnahmeprozesses, der sich als noch nicht vollständig belastbar erweist, sukzessive zu schnell durchlaufen, z.B. mit der Bemerkung: „Zeichnet Euch den Versuchsaufbau ab während der Versuch läuft“, dann kann das eigentlich intendierte Ziel keinesfalls erreicht werden.**

**Mädchen** reagieren noch weitaus empfindlicher auf diese Diskrepanzen und Heterogenitäten. Das Fach Chemie verliert auch bei den Schülerinnen besonders deshalb an Attraktivität, weil Mädchen die Überforderungen noch rascher und für sie folgenreicher signalisieren und mit einer inneren Verweigerung bzw. Umorientierung antworten.

## **11. Die Lösung des Problems**

Es ist also nötig, den Anspruchskatalog im ersten Chemiejahr umzugestalten. Wir als ChemielehrerInnen müssen darauf bedacht sein, dem noch vornehmlich am Konkreten orientierten Schüler mit adäquaten Forderungen und Förderhilfen beizustehen.

Eigene Untersuchungen haben ergeben, daß sich bei der Beachtung der Stufenfolge und der Schrittgeschwindigkeit auf der „lernpsychologischen Treppe“ genau diejenigen Forderungen erfüllen lassen, welche die Entwicklung hin zur nächsten lernpsychologischen Stufe auf besondere Weise unterstützen.

Aus diesen Wünschen resultiert ein Vorschlag, über dessen Realisierung sich meines Erachtens der gemeinsame Weg durch den Stoff deutlich leichter und für den Schüler und die Schülerin leistungs- und bedürfnisspezifischer gehen ließe.

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 1. Kontakt:                   | <b>Welches gemeinsames Ziel haben wir ?</b>        |
| 2. Einleitende Kommunikation: | <b>Was machen wir aus welchem Grund ?</b>          |
| 3. Beobachtung/Anschauung:    | <b>Was geschieht, wenn wir das machen ?</b>        |
| 4. Beschreibung:              | <b>Wie kann das Geschehene abgegrenzt werden ?</b> |
| 5. Deutung/Modellanwendung:   | <b>Wie kann das Geschehene begründet werden ?</b>  |

6. Abstraktion/Symbolisierung: **Wie kann das begründete Geschehene verdichtet werden ?**
7. Fixierung/Gestaltung: **Wie kann der bisherige Weg dokumentiert werden ?**
8. Schülerinitiative: **Was kann der Schüler/die Schülerin jetzt schon alles selbst tun ?**
8. Weiterführende Kommunikation: **Was will und was sollte der Schüler/die Schülerin tun ?**
10. Beobachtung/Anschauung: **Welche Empirik können die SchülerInnen selbst erledigen ?**
11. Beschreibung: **Wie kann das Geschehene abgegrenzt werden ?**
12. Deutung/Modellanwendung: **Wie kann das Geschehene begründet werden ?**
13. Abstraktion/Symbolisierung: **Wie kann das begründete Geschehene verdichtet werden ?**
14. Fixierung/Gestaltung: **Wie kann der eigene Weg präsentiert werden ?**
15. Nutzenanwendung: **Welche Auswirkungen haben die neuen Fähigkeiten &/bzw. Fertigkeiten für die Befindlichkeit des Schülers/der Schülerin ?**

Dabei lohnt es sich, den jeweiligen Fortschritt durch die Pointierung von „Genusstufen“ bewußt zu unterstützen: „*Ich weiß.*“ >>> „*Ich weiß noch nicht*“ >>> „*Ich weiß jetzt auch*“.

Um abschließend den Praxisbezug besondere Referenz zu erweisen, möchte ich den 15 Abschnitten in der folgenden Darstellung Schwerpunkte konkreten Arbeitens zuordnen. Dabei soll die Leistungsmessung, das „Notenmachen“ so organisiert werden, dass in den Stufen 1 bis 7 bevorzugt reproduktiv vorgegangen wird und reorganisatorische Aufgaben gestellt und bearbeitet werden.

Im Verlauf der Stufen 9 mit 15 werden anspruchsvollere Anwendungs- und Verständnisfragen zur Überprüfung des individuellen Fortschritts herangezogen. Die Bewertung von praktischem Arbeiten der Schüler (Schülerübungen in Paararbeit) gelingt bevorzugt im Bereich 9 mit 15 (*Vgl. auch: Engel: Bewertung experimenteller Schülerleistungen; in: Chem.Sch.43(1996)9,314-321*).

#### 1-7

- **Lernzielorientiertes Arbeiten**
- **lehrergeleitet**
- **direkte Unterweisung bei hoher diagnostischer Kompetenz des Lehrers**
- **klare Strukturierung des Unterrichts**

#### 9-15

- **Leistungszielorientiertes Arbeiten (lehrer-)schülergeleitet**
- **offener Unterricht**
- **konstruktiver Umgang mit Fehlern (Fehlerkultur)**

- |   |  |
|---|--|
| • individuelle Schülerunterstützung                                     | Verfügbarkeit des Lehrers                              |
| • Aufnahme von Wissen   | Entwickeln von Verständnis für das Gelernte            |
| • hohe und höchste Lernleistung   | Interessenförderung durch erfahrbaren Kompetenzzuwachs |
| • Reproduktion und Reorganisation                                       | Problemfindung   |
| • konvergentes Denken (1 richtige Lsg.)                                 | divergentes Denken (1 besonders gute Lsg.)             |
| • intelligentes Üben zur Emanzipation des Wissens von der Lernsituation | Kreativität durch Analogiebildungen                    |
| • Entwicklung e-s stabilen Selbstkonzepts                               | Verringerung der Prüfungsangst                         |
| • gute Mißerfolgsverarbeitung   | Aushalten von Leistungsdruck                           |
| • Individualleistung  | Integration zur Teamleistung                           |
| • Erwerb deklarativen Faktenwissens                                     | Erwerb proceduralen Anwendungswissens                  |
| • Erziehung   | Bildung  |

Die reale Kombination von 1 mit 15, der tatsächliche Wechsel und die konkrete Verwendung von Unterrichtsprinzipien, -inhalten, -formen und -methoden sowie -hilfe, -kontrollen etc. richten sich der Einfachheit halber nach der Antwort auf die simple Frage **„NÜTZT ES DEM SCHÜLER ?“**.

Werden diese Zusammenhänge besonders im Anfangsunterricht Chemie besonders berücksichtigt, dann sind die Grundlagen für einen anspruchsvollen Chemieunterricht gelegt und von einer Motivationsfalle kann nicht mehr die Rede sein.

Auf dieser Basis lohnt es sich dann in besonderer Weise, um eine Optimierung von methodischen und technischen Unterrichtspraktiken zu ringen, alltagschemische Themen (*Vgl. Anton: Alltagschemie - Problemlöserin oder didaktische Mode ? Vorträge, MNU-Tagung in München 1996, in Regensburg 1997*) und den Einsatz moderner Medien im Chemieunterricht mit Schülern auszuprobieren und die Beurteilung ihrer Effizienz zuversichtlich von einer methodisch emanzipierten empirischen Unterrichtsforschung begleiten zu lassen. Langfristig könnte unser Fach dann die vorderen Rangplätze besetzen !

Das wird auch deshalb ins Auge zu fassen sein, weil es gilt, die Frage nach den chemiespezifischen Beiträgen zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu beantworten.

Hierzu sei nicht nur auf die Arbeiten des Schwerpunktprogramms „Grundbildung“ im österreichischen IMST<sup>2</sup>-Projekt (Innovations in Mathematics, Science and Technology

Teaching) verwiesen, sondern auch auf ein Zitat des Wissenschafts-Publizists Ernst Peter Fischer („Die andere Bildung – was man über die Naturwissenschaften wissen sollte“ (Ullstein , München 2002):

„Wieviel Wissenschaft braucht also der gebildete Mensch? Wie kann er (oder sie) Kennerchaft auch aus den exakten Wissenschaften erlangen? Auf diese Frage lässt sich antworten: Erstens: Er braucht soviel Wissenschaft, um verstehen zu können, wie die Wissenschaft den Ort und das Bild des Menschen bestimmt. Und er sollte dadurch in der Lage sein, die Betrachtung und Diskussion ihrer Inhalte zu genießen. Zweitens: Er sollte begreifen können, dass Wissenschaft in ihm steckt und zu ihm gehört. Nur aus dieser Verbindung können Teilnahme und Dialogbereitschaft entstehen, die nötig sind, damit alle die Verantwortung übernehmen können, die Wissenschaft heute benötigt“ (S. 46-47).