

**Reihe „Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen“**

Herausgegeben von der

**Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“**

des Interuniversitären Instituts für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung

Hanns Mühl

## **Muster über Muster über Muster ....**

**.... ich bemühe mich, ich ....**

PFL-Naturwissenschaften, Nr. 34

IFF, Klagenfurt 1999

Redaktion:  
Thomas Stern

Die Universitätslehrgänge „Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen“ (PFL) sind interdisziplinäre Lehrerfortbildungsprogramme der Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“ des IFF. Die Durchführung der Lehrgänge erfolgt mit Unterstützung von BMUKA und BMWV.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Hintergrundinformation und Vorgeschichte</b>	1
1.1 Schule	
1.2 Klasse	
1.3 Arbeitssituation in Chemie	
1.4 Das ursprüngliche Forschungsziel	
<b>2 Forschungsfrage</b>	3
<b>3 Beschreibung der Methoden der Datenerhebung</b>	3
<b>4 Ergebnisse der Musteranalyse</b>	4
4.1 „Positive“ Muster	
4.2 Weitere mehr oder weniger bewußte Muster	
4.3 Problematische Muster	
<b>5 Interpretation und Diskussion</b>	8
<b>6 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen</b>	9
<b>Anhang:</b> Transkript der Chemiestunde	10

***Muster über Muster über Muster  
... ich bemühe mich, ich..."***

**(Abstract/Kurzfassung)**

Ausgangspunkt war eine schwierige Klassensituation – Disziplinschwierigkeiten, verschiedene Delikte, Lernunlust und sehr viele negative Zeugnisnoten - die ich genauer untersuchen wollte. Ich machte eine komplette Tonbandaufzeichnung einer Chemiestunde, befragte die SchülerInnen mit Fragebögen und ließ von zwei Kollegen Gruppeninterviews durchführen.

Die Analyse der Daten zeigte, daß nicht bloß die Klassensituation problematisch war, sondern daß mir auch viele Aspekte meines eigenen Verhaltens unbewußt waren. So verschob sich mein ursprüngliches Forschungsinteresse, und es ergab sich die Chance einer Musteranalyse, in der mein Verhalten als Lehrer das Thema war.

Das Ergebnis - 13 (!) Verhaltensmuster - hat mich überrascht. Einige davon – z.B. der Versuch, auch schwierigste theoretische Konzepte mit alltagsbezogenen Veranschaulichungen zu erläutern, oder die Bereitschaft, den SchülerInnen immer wieder Hilfestellungen anzubieten, sind durchaus positiv zu bewerten und beabsichtigt.

Besonders interessiert hat mich aber das Zusammenwirken mehrerer kontraproduktiver Muster: Ich will zu viele Inhalte in eine Stunde packen - ein längerer Lehrervortrag wird von vielen Lehrerfragen begleitet, die rasch weiterführen sollen - Pausen zum Nachdenken sind selten - vielmehr antworte ich oft selbst; überdies übersehe ich leider einen Teil der Wortmeldungen von SchülerInnen.

Und nun übe ich mich darin "den Mund zu halten" und auf Antworten oder eigene Fragen der SchülerInnen zu warten!

Hanns Mühl  
BG 19  
Gymnasiumstraße. 83  
1190 Wien

# **1. Hintergrundinformationen und Vorgeschichte**

## **1.1 Die Schule**

Das Wiener "G 19" ist ein eher kleines Gymnasium mit 17 Klassen. Nur in den letzten zwei Jahren wurden ausnahmsweise je drei erste Klassen eröffnet. Sonst gibt es heuer (1998/99) nur eine achte und ansonsten zwei parallele Klassen pro Jahrgang.

Nach den zwei Gastjahren auf dem "Schulschiff" konnten wir 1996 den Schulneubau mit großzügiger Raumausstattung beziehen, was insbesondere den naturwissenschaftlichen Fächern mit je einem eigenen Saal zugute kam.

Der Lehrkörper ist von der Altersstruktur her gemischt, Zusammenarbeit und Atmosphäre sind meinem Empfinden nach gut. Traditioneller Weise werden vor allem die alten und neuen Sprachen hoch geschätzt. Aber auch die naturwissenschaftlichen Fächer werden forciert: Frau Direktor Reichel initiierte die Übungen "Naturwissenschaften spielerisch begreifen" für die ersten Klassen und "Naturwissenschaften integrativ" für die vierten Klassen. Dazu kommt einmal jährlich ein "Naturwissenschaftlicher Tag" für die ganze Schule.

Für uns Naturwissenschaftslehrer gab es ein SCHILF-Schwerpunktthema "Geschichte der Naturwissenschaften" mit Dr. Lore Sexl. In den Fächern BiU/Ch und in den Wahlpflichtfächern werden verschiedene Themen fächerübergreifend oder -ergänzend behandelt. Die Idee, in der Oberstufe vielleicht einmal ein fächerübergreifendes Wahlpflichtfach anzubieten, geistert in unseren Köpfen herum. Ein anderes Angebot an der Schule ist das Arbeiten mit dem Internet: Ab Herbst 1998 sollen alle Unterrichtsräume und Lehrervorbereitungsräume mit Internetzugang ausgestattet sein.

## **1.2 Die Klasse**

Nicht erst in diesem Schuljahr gilt diese Klasse - 9 Mädchen und 14 Burschen - als zeitweise problematisch. Schon zwei Jahre zuvor war ein Lehrerschlüssel verschwunden und mißbräuchlich verwendet worden. Auf der Schulsportwoche im folgenden Jahr war aus einem Münztelefon Geld gestohlen und zum Spaß die Feuerwehr angerufen worden, was zu einer Disziplinarkonferenz im Juni 1997 führte. Aufgrund dieser Vorfälle ist die Klasse "verrufen". Ein Schüler, der in der 5. Klasse neu dazugekommen war, und bei allen Delikten eine Schlüsselrolle gespielt haben soll, hat die Klasse nach dem ersten Semester wieder verlassen.

In dieser 7. Klasse vergaß eine Lehrerin ihren Schlüsselbund. Er blieb verschwunden. Vermutlich mit seiner Hilfe wurden knapp vor den Semesterferien die beiden Videorecorder aus dem Physiksaal und aus dem BiU-Saal gestohlen.

Bei der Semesterkonferenz wurden in der ganzen Klasse unerhört viele (39!) negative Noten vergeben. Anfang Februar verließen zwei Burschen die Schule.

### 1.3 Die Arbeitssituation in Chemie

In der Regel gingen nur ein bis drei SchülerInnen auf Lehrerfragen ein und beteiligten sich am Unterrichtsgespräch. Ich hatte den Eindruck, daß diese drei zur Arbeit mit dem Lehrer "delegiert" wurden und sich der Rest der Klasse das Geschehen bloß ansah und anhörte. Es gelang mir nicht, die Klasse in größerem Ausmaß zur Mitarbeit zu bewegen. Diese Situation war für mich ärgerlich, weil es mir nicht gelang, die Klasse zu aktivieren, sich durch Zuhören, Mitdenken und Mitreden am Unterricht zu beteiligen.

Es gab im 1.Semester 32 Chemiestunden. Lehrstoff war: Allgemeine Grundlagen, Wasser, Wasserstoff, Sauerstoff, Luft und Atombau mit Dalton, Thomson, Radioaktivität, Rutherford, Bohr, Spektren, Periodensystem.

Die Leistungsbeurteilungen waren im ersten Semester mit 9 Nicht genügend sehr unerfreulich. Nach meiner Einschätzung wurde der Lehrstoff trotz mehrfacher Hinweise und Aufforderungen auch für Stundenwiederholungen nur oberflächlich gelernt, und die SchülerInnen haben sich mit den Lerninhalten (z.B.: Begriffsdefinitionen) nicht konkret auseinandergesetzt.

Die vielen negativen Leistungen und die problematische Klassensituation beschäftigten mich sehr intensiv, und ich führte einige Gespräche mit den SchülerInnen, allerdings mit sehr wenigen konkreten Ergebnissen.

### 1.4 Das ursprüngliche Forschungsziel

Ich wollte die Arbeit mit dieser Klasse "schaffen" und nicht versagen, d.h. ihre Mitarbeit gewinnen und letztlich mit positiven Leistungsbeurteilungen abschließen. Um dies zu erreichen, schien es mir nötig, die Klassensituation zu analysieren, um sie besser zu verstehen und erfolgreich Einfluß nehmen zu können.

Zu diesem Zweck ging ich unter anderem daran, den Verlauf einer Chemiestunde, am 16.2.1998, sehr genau zu dokumentieren. Bezogen auf den ursprünglichen Forschungsgegenstand ergab sich daraus folgendes Bild: Die meisten SchülerInnen gaben massives Desinteresse an Naturwissenschaften an, nicht nur an Chemie. Falsche Lernmethoden und Faulheit seien aus ihrer Sicht die Hauptursachen für den schlechten Lernerfolg. Einschätzung eines Kollegen nach den Interviews: *"Die Haltung ist dabei eher die von Konsumenten statt von Mitarbeitern."*

Am Ende des Schuljahres konnten jedoch alle verbliebenen SchülerInnen positiv beurteilt werden. Inzwischen hatte sich mein Forschungsinteresse allerdings in eine völlig andere Richtung verlagert.

## 2. Forschungsfrage

Die genaue Untersuchung des Verlaufs einer Unterrichtsstunde führte mir eigene bemerkenswerte Verhaltensweisen vor Augen, die mir nur zum Teil bewußt waren.

Ich entschloß mich, **mein Verhalten als Lehrer** zum Thema zu machen.  
Folgende neue Fragestellungen begannen mich zu beschäftigen:

### **Welche Muster sind in meinem Lehrerverhalten erkennbar?**

Mit welchen davon kann ich mich identifizieren? Welche erscheinen mir problematisch, und was kann ich daran ändern? Inwiefern könnte eine Veränderung meines Verhaltens etwas zur Verbesserung der Klassenproblematik beitragen?

## 3. Beschreibung der Methoden der Datenerhebung

Meine Chemie-Stunde in der 7. Klasse am 16. Februar 1998 (Thema: Orbitale und Elektronenkonfiguration) wurde mit mehreren Aktionsforschungsmethoden dokumentiert.

A) Eine vollständige Tonbandaufzeichnung wurde angefertigt und transkribiert.

B) In den letzten Minuten dieser Stunde füllten alle SchülerInnen Fragebögen aus, in denen sie aus ihrer Sicht den Stundenverlauf unter verschiedenen Aspekten bewerteten.

C) Thomas Stern und Heinz Sassmann (Mentor und Kollege aus meiner PFL-Gruppe) nahmen an der Unterrichtsstunde teil und fertigten Beobachtungsprotokolle an.

D) Im Anschluß an die Stunde zeichneten sie zwei Gruppeninterviews mit je drei SchülerInnen auf.

Das Transkript der Tonbandaufnahme erwies sich als besonders ergiebig – es war genauer und unbestechlicher als die Beobachtungsprotokolle und enthüllte bei mehrmaligem Lesen immer neue Aspekte.

Beim darauffolgenden PFL-Gruppentreffen bot sich die Möglichkeit, gemeinsam eine Musteranalyse durchzuführen (und damit für die ganze Gruppe, eine weitere Aktionsforschungsmethode kennenzulernen). Bei einer Musteranalyse geht es darum, Routinen im eigenen Alltagsverhalten zu erkennen und nach möglichen zugrundeliegenden Bedeutungen und Auswirkungen zu hinterfragen.

Die Muster, die im Tonbandtranskript erkennbar waren, versuchte ich schließlich anhand des übrigen Datenmaterials zu überprüfen und zu belegen.

Ich möchte hervorheben, daß mich die Chance, mein Verhalten nach Mustern zu untersuchen und mich mit diesen auseinanderzusetzen, sehr bewegte, und ich mir diese besondere Möglichkeit nicht entgehen lassen wollte.

Ich bin den KollegInnen meiner PFL-Regionalgruppe - Wolfgang Götz, Gerhard Kern, Ortwin Niederhuber, Doris Radits, Heinz Sassmann, Edith Saukel, Heidi Scheidl, Thomas Stern (RG-Mentor) - für Ihre Unterstützung sehr dankbar.

## 4. Ergebnisse der Musteranalyse

Das Tonbandprotokoll dieser Stunde findet sich im Anhang. Es überraschte mich, daß ich beim wiederholten Lesen des Transkripts so viele (13!!) Muster in meinem Verhalten und meinem Umgang mit der Klasse entdeckte. Das hat auch zum ersten Teil des Titels dieser Arbeit geführt: *“Muster über Muster über Muster”*.

Im folgenden versuche ich, diese überwältigende Fülle von Mustern zu benennen. Wo sie im Tonbandprotokoll aufzufinden sind, ist mit (T: <<x.yz>>) angegeben, wobei die Zeitangabe in der Doppelklammer steht. Weitere Bemerkungen stammen aus den Feedbackbögen (F), den Gruppeninterviews (Interv.) sowie den Beobachtungsprotokollen (Beob.) und kollegialen Kommentaren (K).

### 4.1 “Positive” Muster

Ermutigend war für mich das Aufspüren einiger immer wiederkehrender Verhaltensweisen, die mir helfen, etliche Vorhaben/Unterrichtsziele in die Tat umzusetzen. Zum Beispiel:

**Muster M1:** Anschauliche Beispiele aus dem Alltag zur Erklärung

<<9.21>> Vergleich Quantenzahlen - *Wohnungsadresse*

<<9.31>> Vergleich Energieniveaus - *Kaffeehäferl*

<<9.32>> Vergleich Elektronenkonfiguration - *Lage eines Balls.*

Daß ich zur Veranschaulichung auch schwieriger theoretischer Konzepte leichtverständliche Beispiele aus dem Alltag verwende, wird auch in einem der Gruppeninterviews und in einigen Feedbackbögen von Schülern bestätigt:

Interv.: “ ...oft Alltagsbeispiele zum besseren Verständnis ... ”

F: “ ... extrem anschaulich!”

“Bei jeder Größe oder Zahl wird die Größe oder Dimension bewußt gemacht.”

**Muster M2: Lehrer gibt Irrtümer/Fehler zu.**

<<9.24>> *“Ja i hob mi do geirrt offensichtlich, i hab die letzte Notiz nicht mehr g'macht.”*

<<9.37>> *“... ‘tschuldigung, in ein Orbital is falsch, die Frage muß lauten, in eine Schale.”*

Daß ich gegebenenfalls Fehler eingestehe, ist mir bewußt und wird von mir nicht als Schwäche empfunden.

**Muster M3: Hilfestellungen und Hilfsangebote**

<<9.21>> *“Schreibt's euch bitte diese Information auch auf.”*

<<9.28>> *“Wenn sich jemand interessiert, kann er gerne kommen, ich erklär' dann noch, wie die andern Orbitale ausschau'n, aber wir verwenden sie eigentlich nicht.”*

<<9.34>> *“Ja, ich mach' folgenden Vorschlag, rein aus Bequemlichkeit, und der Übersicht her ... Aber ich schlag' beim Aufschreiben vor, daß wir es so machen. Gut. Jetzt simma dann soweit, aufzuschreiben, wie's geht.”*

<<9.41>> *“Ist das okay? Oder ist jemand ausg'stieg'n? Dann sollt er's jetzt sagen und diese Dinge klären, weil es ist schwer weiter aufzubauen.”*

<<9.43>> *“Aber es geht ja nicht nur um richtig, sondern a zu verstehen warum.”*

<<9.47>> *“Du kannst mir auch sagen, was du überlegst, dann kann ich dir, ich möchte dir gern helfen.”*

Grundsätzlich geht es mir darum, die Schülerinnen und Schüler zu unterstützen und ihnen gegenüber freundlich und ermutigend zu sein.

Dieses Bemühen wird auch in einigen Gruppeninterviews anerkannt:

Interv: *“Der Lehrer ist wohlwollend besorgt, damit nur ja nichts passiert.”*

*“ ... sehr menschliche Zuwendung ... ”*

*“Ziel ist Streßvermeidung.”*

Ähnlich bestärkend sind die schriftlichen Rückmeldungen:

F: *“Lockerer, freundlicher Ton erzeugt gute Unterrichtsstimmung.”*

*“Lehrer wirkt beruhigend.”*

*“Viel Geduld, rücksichtsvoll.”*

*“Erklärt öfter; Experimentierstunden sind am besten.”*

*“Man wird mit Geduld zur richtigen Lösung geführt.”*

Zwei meiner “kritischen Freunde”, Gerhard Kern und Heinz Sassmann, bemerkten daß ich “behutsam und relativierend” argumentierte, dabei auch bemüht schien, “vor Fallstricken zu bewahren” (K), was sich in Formulierungen ausdrückt wie “Da müßt ihr aufpassen”, “Wichtig, sich zu merken” (<<9.32>>), “sag' i ehrlich”, “muß ich dazusagen” (<<9.44>>).

## 4.2 Weitere mehr oder weniger bewußte Muster

An bestimmten Stellen des Tonbandprotokolls finden sich gewissermaßen ritualisierte Abläufe, die teils beabsichtigt sind und bei der Strukturierung des Unterrichts helfen, teils unbeabsichtigt sind und stereotyp, dabei aber weder für mich noch für die SchülerInnen hinderlich zu sein scheinen. Ich zähle sie im folgenden nur auf:

**Muster M4:** Begrüßung zu Stundenbeginn: Stehen – Ruhe - Setzen

**Muster M5:** Stundenwiederholung: freiwillig oder ich frage jenen Schüler, dessen Katalognummer dem Datum entspricht.

**Muster M6:** Lehrer fragt zuerst die Klasse, dann einzelne Schüler namentlich.

**Muster M7:** Lehrerecho (Lehrer wiederholt die Antwort von SchülerInnen)

**Muster M8:** “Ja?” “Ja!” stereotyp als Rückfrage bzw. Bestätigung.

## 4.3 Problematische Muster

Fünf weitere Muster in meinem Lehrerverhalten waren mir bisher nicht wirklich bewußt:

**Muster M9:** Sehr enge Fragestellungen. Oft erwartet der Lehrer nur ein einziges ergänzendes Wort als Antwort.

<<9.18>> L: “Das ist der Wellen-Teilchen-Dualismus für? S: “Elektronen”.  
L: “Elektronen. Ja.”

<<9.19>> S: “Daß man ... Position und Geschwindigkeit nicht gleichzeitig genau bestimmen kann.” L: “ ... Man kann Ort und Geschwindigkeit?” S: “Nicht gleichzeitig genau bestimmen.” L: “Nicht gleichzeitig?” S: “Genau bestimmen.” L: “Ganz genau bestimmen. Ja.”

<<9.22>> L: “Wie wird die Nummer der Schale angegeben?” S: “Durch Buchstaben”

<<9.22>> L: “Die dritte Quantenzahl ist die?” S: “Magnetquantenzahl.”

SchülerInnen befinden zu meiner Art zu unterrichten:

F: “Erklärung, Vortrag ist altersadequat, verständlich.”

**Muster M10:** Lehrer wartet nach seiner Frage nicht lange auf die Antwort von SchülerInnen.

Dafür gibt es eine Reihe von Beispielen im Tonbandprotokoll: <<9.22-9.26>> <<9.39-9.41>>

Auch in Schülerinterviews und -feedbacks wird darauf hingewiesen:

Interv: “ ... manchmal unverständlich ”

Also eine Einschränkung zum oben zitierten Feedback.

F: “Mehr Zeit für sie (die Schüler ) wäre gut für Aktivität, Freiraum.”

Dabei registriere ich es aber als ermutigend, daß das Gegenmuster - Lehrer macht nach der Frage eine Pause und wartet auf SchülerInnen-Antworten - zumindest gelegentlich auftritt:

Pausen nach Fragen an die Klasse: <<9.21>> <<9.40 >> <<9.42>> <<9.47>>

Schnelles Weitergehen führt allerdings dazu, daß es nach Lehrerfragen oft keine Pausen gibt. Dadurch fehlt den SchülerInnen Zeit zum Überlegen bzw. um Fragen zu formulieren. Den SchülerInnen mehr Zeit zu geben, ist sicher eine besondere Herausforderung für mich und wird ein Schwerpunkt meiner zukünftiger Bemühungen sein.

**Muster M11:** Lehrer gibt die Antwort selbst bzw. korrigiert und ergänzt von sich aus.

<< 9.32 >> L: *“Wie ist die angegeben? Als l “*

<<9.40 >> L: *“Wieviele Elektronen gehen in eine Schale?” S: “Fünf.” L: “Zwei, oder?” S: “Ach so, ja.” L: “Zwei gehen in eine Schale.”*

Die Wirkung dieses Musters ist ähnlich wie bei M10. Zuwenig Zeit zum Nachdenken, um schneller weiterzukommen.

**Muster M12:** Schülermeldungen, Fehler/Irrtümer werden nicht registriert und übergangen.

<<9.16>> S: *“Dann kommen neun, also bei der nächsten Schale kommt der nächste Sprung.”* (statt richtig: 8)

:<<9.18>> <Beob. Heinz: Mt. (Schüler) meldet sich zaghaft, wird vom Lehrer nicht beachtet, zieht zurück.>

<< 9. 23 >> S: *“Können Sie zu mir herkommen?” L: “Da müßt’ ja a Abkürzung dabeistehen. Hast du nicht? Wer hat’s? Plus und minus ein halb.”*

Gemeinsam ist diesen Szenen, daß sie meiner Aufmerksamkeit entgangen sind, d.h. ich habe die Schülermeldungen ohne Absicht unbeachtet gelassen. Das macht mich stutzig und betrübt mich, weil ich mich sehr bemühe, alle Schülermeldungen zu erkennen und auf sie einzugehen.

**Muster M13:** Lehrer will zu viel unterbringen, einbinden, berücksichtigen (Perfektionismus)

Dieses Muster – ich versuche zu viel gleichzeitig, will zu viele Inhalte behandeln, auf alle Aspekte eingehen und nichts auslassen - ist nicht leicht an einzelnen Dialogstellen (am ehesten noch <<9.28>> <<9.35>> <<9.38>><<9.47>>) festzumachen. Es scheint ein Merkmal des gesamten Unterrichtsvortrags zu sein, der für zwei kritische PFL-KollegInnen aus dem Tonbandprotokoll ersichtlich wurde.

K: Gerhard Kern: *“ ... alles auf einmal (Inhalt, Ausnahmen, Spezialfälle, Kommentare, Bemerkungen, Anleitungen) Vortrag scheint [dadurch] ziemlich ungeordnet und sprunghaft.”*

Wolfgang Götz: *“Schwanken zwischen vereinfachter und genauer Darstellung.”*

Auch einige SchülerInnen stimmen mit dieser Globaleinschätzung überein:

F: “ ... manchmal zu viel Stoff auf einmal”;

“ ... chaotisch, zu wechselhaft”;

“ ... Erklärungen zu langatmig”.

## 5. Interpretation und Diskussion

In der Liste der erkannten 13 Muster scheinen mir vor allem die letzten fünf bemerkenswert, weil sie mir nicht bewußt waren, für meine Arbeitsweise aber charakteristisch zu sein scheinen. Daher habe ich mich entschieden, sie mir näher anzusehen, um bei ihnen mit konkreten Änderungen anzusetzen.

Der Grund für Muster M9 - Sehr enge Fragestellungen - ist offenbar mein Wunsch, die SchülerInnen auf dem schmalen Weg, der durch die Lehrerfragen vorgegeben ist, rasch weiterzuführen. **Das Muster hat den Zweck, in der knappen Unterrichtszeit viel Stoff weiterzubringen.** Das wird von manchen PFL-KollegInnen kritisch gesehen, andererseits zeige sich in den vielen Fragen an die SchülerInnen mein Interesse sie einzubeziehen bzw. ein Fachgespräch zu führen.

Auch bei den Mustern M10 – Kurze Wartezeit für Schülerantworten – und M11 - Lehrer gibt die Antwort selbst bzw. korrigiert und ergänzt von sich aus – steht der Wunsch, Zeit zu sparen, im Vordergrund. Aus den Kommentaren der PFL-KollegInnen ergeben sich mehrere Vermutungen über meine Beweggründe dafür: Will ich schnell über Kompliziertes hinweggehen? Zeit sparen? Traue ich den SchülerInnen vielleicht nicht viel zu? (K)

Muster M12 – Schülermeldungen, Fehler/Irrtümer werden übergangen liegt an mangelnder Aufmerksamkeit meinerseits.

Das Muster M13 - Lehrer will zu viel unterbringen, einbinden, berücksichtigen (Perfektionismus) - scheint **den anderen Mustern übergeordnet** zu sein. Der Anspruch, zu viel gleichzeitig zu erreichen, kostet Zeit, die ich auf anderem Wege wieder einzuholen trachte.

## 6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Von den durch die Musteranalyse aufgedeckten Verhaltensweisen werden einige sowohl von mir als auch von den befragten SchülerInnen durchaus positiv eingestuft und ich möchte sie weiter beibehalten: Alltagsbezug, Veranschaulichungen, Experimente, Hilfestellungen, Zugeben von Fehlern und menschliche Zuwendung.

Über die Auswirkungen der Muster M9-M13 auf SchülerInnen und Unterricht bin ich mir noch nicht so im Klaren, ich muß darüber noch nachdenken und sie dazu wohl nochmals befragen. Bedenkenswert scheint mir die Beobachtung meiner PFL-KollegInnen, alles sei *“über den Lehrer gelaufen, lehrerzentriert. Interaktionen zwischen SchülerInnen finden kaum statt”*. *“Wenig SchülerInnen-Aktivität gefordert”* (K: Thomas Stern, Heidi Scheidl). Zentrales Muster, das den anderen übergeordnet zu sein scheint, ist M13 - der ständige Versuch, möglichst viel Lehrstoff in vielen Aspekten in der knappen Zeit unterzubringen und dabei nichts auszulassen. Daraus ergibt sich ein ständiger Zeitdruck, der andere Muster zur Folge hat, die möglicherweise eine intensivere Auseinandersetzung der SchülerInnen mit dem Gelernten behindern. So führt etwa schnelles Weitergehen im Unterricht dazu, daß es nach Lehrerfragen für SchülerInnen zu kurze Nachdenkpausen gibt (Muster M10). Dadurch fehlt ihnen Zeit zum Überlegen, ob sie verstanden haben, und zum Formulieren eigener Fragen.

Wie mache ich nun weiter? Welche Gedanken zu Veränderungen bieten sich an? Es gelingt mir zwar, etliche SchülerInnen zur Mitarbeit zu bewegen, doch die Eigenaktivität hat zu wenig Platz. Die erste Konsequenz, die ich aus meinen Forschungsergebnissen für meinen Unterricht ziehe, werden bewußte Pausen nach meinen Fragen sein. Ich will auf die Antworten warten lernen, sodaß SchülerInnen eine Chance haben, ihre eigenen Gedanken zu entwickeln und zu formulieren.

Im neu angelaufenen Schuljahr (1998/99) merke ich bereits eine zunehmende Sensibilisierung. Durch die bewußt gesetzten Pausen haben sich im September schon interessante Diskussionen ergeben, da durch die plötzlich eintretende Stille von fünf bis zehn Sekunden eine Spannung entstand, die ich dann angesprochen habe. Positiv vermerke ich auch, daß SchülerInnen tatsächlich beginnen, sich Gedanken zu machen, um Antworten oder eigene Fragen zu formulieren, weil jetzt Zeit dafür da ist.

*“ ... ich bemühe mich ...”* - so lautet der zweite Teil des Titels dieser Studie, mit dem Wolfgang Götz (nach dem Lesen von Schülerfeedbackbögen) meine Einstellung treffend beschrieben hat. Ich betone damit auch die Ermutigung und mein Interesse, an meiner Unterrichtsarbeit weiterzumachen und sie laufend zu verbessern.

## Anhang

### CHEMIE-STUNDE, 7. KLASSE am 16.2.1998

### THEMA: *ORBITALMODELL UND PERIODENSYSTEM*

(L: Lehrer; S: Schüler/innen)

< eingefügte Ergänzungen/ protokollierte Beobachtungen von Thomas Stern und Heinz Sassmann >

<< Zeitangaben nach dem Tonband ergänzt >> Z.B.: <<9.15> bedeutet 9 Uhr 15.

<<9.12>> < Th: ruhiger Beginn, Stehen → Setzen; kurze Vorstellung der Gäste; Tonbandgeräte werden positioniert >

#### 1. Einstieg/Wiederholung (ca. 8 Minuten)

<<9.15>>

L: Stundenwiederholung. Wer möchte sie machen? Bitte?

Das alte Prinzip, heut' ist der sechzehnte, wer hat Nummer 16?

S: Andreas.

L: Andreas, < Klasse lacht > also bitte.

S: Wir haben gesprochen über die Orbitale (...) von einzelnen Atomen und zwar sind das grundsätzlich die erforderlichen Energien, um die Elektronen herauszulösen, so wie die Ionisierungsenergie steigt, wobei aber große Unterschiede auf den auf den auf den den einzelnen Schalen aufweisen. z.B. beim Natrium, das eins in der äußersten Schale hat. Die Energie für's erste ist relativ gering, dann die Energie für das erste in der nächsten Schale, das nach dem Sprung kommt braucht relativ wenig Energie. Für alle weiteren braucht man dann immer ein wenig mehr, bis man die nächste Schale leer gemacht hat, dann kommt zur nächsten Schale wieder ein Sprung.

L: Würdest du es bitte einfach skizzieren wie das ausschaut, damit wir das optisch a no' amal vor uns haben?

S (an der Tafel, schreibt): Ja, Natrium, also das wär', das ist das erste wo man halt weniger Energie gebraucht, das zweite kommt erst der Sprung, dann ein wenig mehr immer, und dann ah ja dann kommen neun, also bei der nächsten Schale kommt der nächste Sprung.

L: Mhm, richtig ja. Und noch amal betont, warum haben wir hier diese Sprünge drinnen, in dieser Ionisierungsenergie?

<< 9.17 >>

S: Ja, die ah die einzelnen Schalen, die verschiedenen Energie Niveaus, die Schalen, die äußeren Schalen haben ein wesentlich höheres Energieniveau, das heißt, daß die getrennt, die sind kleiner, weil sie (...)

L: Mhm. Warum steigt die Ionisierungsenergie innerhalb einer Schale?

S: Weil ah, das Verhältnis von Protonen zu Elektronen verändert sich, weil die in den Atomen sind Ladungen, sind Elektronen. Die Anzahl der Protonen bleibt bestehen, und das heißt dieselbe Anzahl Protonen ziehen noch weniger Elektronen an, und dadurch wird jedes einzelne Elektron stärker angezogen.

<< 9.18 >> < H: S/S schauen in Kalender, schreiben >

L: Mhm. Gut. Dankeschön. Ah. Ich möchte, daß jemand anderer dann noch wiederholt, welche Grundinformation, oder welche Grundentdeckungen Voraussetzungen waren jetzt für das

Orbitalmodell, über das wir letztes Mal begonnen ham zu sprechen. Wer wiederholt das jetzt, bitte?- Soll jemand anders machen... Vanessa. < H: Sie hat noch etwas geschrieben>  
< H: S meldet sich zaghaft, L achtet nicht auf ihn, er zieht seine Meldung zurück>

S: (unverständlich) L: Ja. S:.. L: Ja.

L: Ja. Kannst du das a bißchen konkretisier'n. Das ist der Wellen-Teilchen-Dualismus für?

S: Elektronen.

L: Elektronen. Ja.

V: (unverständlich)

L: Na wer hilft ihr? Wer hat einen 1000S-Schein mit? Einen alten? Florian

<< 9.19 >>

S: Die Heisenbergsche Unschärferelation.

L: Ja was besagt die?

S: Daß man ah einen Elektron, ah Position und Geschwindigkeit nicht gleichzeitig genau bestimmen kann.

L: An der Formulierung gefällt mir ein Punkt noch nicht sehr. Man kann Ort und Geschwindigkeit?

S: Nicht gleichzeitig genau bestimmen.

L: Nicht gleichzeitig?

S: Genau bestimmen.

L: Ganz genau bestimmen. Ja. Man muß alle drei Begriffe ham. Gleichzeitig, ganz, genau. .Ja. Je genauer der eine ist, umso ungenauer wird der andere.Und noch amal zurück zum Tausender. Der dritte war?

S: Schrödinger-Gleichung.

L: Schrödinger-Gleichung. Wozu dient die?

S: Ah zur Berechnung eines Orbitals, also wie die Form und Größe eines Orbitals ist von einem Atom.

<< 9.20 >>

L: Richtig. Ja. Und ah wofür, oder wo wobei, bei welchen Anwendungen funktioniert das sehr gut?

S: Beim Wasserstoff.

L: Mhm.

S: Bei komplizierteren Atomen . Bei größeren Elementen ist das schon nicht mehr genau möglich

L: Mhm. Richtig. Toll funktioniert's beim Wasserstoff, und dann wird's sozusagen sehr genau. Das waren die drei Grundentwicklungen, auf denen dann das Orbitalmodell weiter aufbaut, und da setzen wir jetzt fort, und zwar denk' ich ham wir letztes mal noch aufgeschrieben: Überschrift - nämlich "Die vier Quantenzahlen".

## 2. Hauptteil/Neue Inhalte (ca. 25 Minuten)

L: Überschrift - "Die vier Quantenzahlen". Die 4 Quantenzahlen dienen zur exakten Beschreibung der Energie, oder des Energiezustandes für jedes Elektron. Schreibt's euch bitte diese Information auch auf, gell.

Die vier Quantenzahlen dienen zur exakten Beschreibung des Energiezustandes jedes Elektrons.

<<9.21>> <H/Th: Pause. Die Schüler schreiben.>

Ich habe ein banales Beispiel aus dem Alltag. Wenn jemand in einer größeren Siedlung wohnt, in einer Wohnhausanlage, dann ist das seine persönliche Wohnung durch 4 Zahlen eindeutig

definierbar.

Wenn ich angebe, das ist Hausnummer 87, Stiege 16, 3. Stock, Tür 12, ja, dann sind durch diese 4 Zahlen, oder dann ist durch diese 4 Zahlen diese Wohnung eindeutig definiert, die gibt's nur einmal, ja? Und das ist auch etwas, was wir dann hier noch anwenden werden, was die Quantenzahlen betrifft. Es gibt vier.

Die erste Quantenzahl ist die sogenannte Hauptquantenzahl. Und das ist die Nummer der Schale.

Wie wird die Nummer der Schale angegeben? Durch?

<<9.22>> <H: S hat Zettel angeschaut; L geht durch die Klasse>

S: Buchstaben.

L: Buchstabe n, ja. Okay, Herrschaften, solltet's euch aufschreiben.

S: Ja, haben wir schon.

<Th: L schaut in das Heft eines Schülers in der 2. Reihe und auch das des Nachbarn>

L: Habt ihr schon? Dann. Die zweite Quantenzahl ist die?

S: Nebenquantenzahl.

L: Ja. Was gibt die an?

S: ..(unverständlich)

L: Die nächste Frage lautet: Wie heißen sie?

S: s,p,d und f.

L: d und f. Die dritte Quantenzahl ist die?

S: Magnetquantenzahl.

L: Wie ist die angegeben? Als l. Und das letzte die?

S: Spinquantenzahl.

L: Spinquantenzahl. Wer beschreibt die noch? Was ist die?

S: Ja, die Eigendrehung.

S: Ach so ja, die Umdrehung der Elektronen. Hm.

<< 9. 23 >>

L: Ja. Wie wird's rein mathematisch dann beschrieben?

S: Können Sie zu mir herkommen?

L: Da müßt' ja a Abkürzung dabeistehen. Hast du nicht? Wer hat's? Plus und minus ein halb.

Entweder in oder gegen die Drehrichtung der Flugbahn. Soweit diese 4 Quantenzahlen, Hauptquantenzahl, Nebenquantenzahl, Magnetquantenzahl und Spinquantenzahl. Und auch hier ist es so, daß sozusagen, wie bei einer Wohnung in einer Wohnhausanlage es keine 2 Wohnungen gibt, für die alle 4 Zahlen gleich sind. Das heißt, auch der Energiezustand des Elektrons unterscheidet sich in mindestens einer dieser 4 Quantenzahlen. Ja. Wir ham im Buch Seite 24 - 25 schon etliches bearbeitet, ich möchte dort fortsetzen. Ja i hob mi do geirrt offensichtlich, i hab die letzte Notiz nicht mehr g'macht, daß wir die Quantenzahlen schon aufgeschriebn hom. Oba des is eh günstig, daß es schon so ist, und ich möcht' jetzt fortsetzen, Seite 25, mit dem Orbital. In der Mitte des Buches, Form und Größe der Orbitale kann man mit Hilfe der Schrödinger-Gleichung errechnen, ham wir gemacht. Jetzt geht's darum, welche Orbitale unterscheiden wir, und wie schau'n sie aus. Das einfachste also sind die s-Orbitale, sogenannte Kugelwolken, < Tafel > und auch der Begriff Kugelwolke drückt aus, daß die Grenze nicht scharf gezogen wird; sondern wir haben letztes Mal schon gelesen, ein Orbital ist definiert als wahrscheinlicher Aufenthaltsraum für ein Elektron, und die Wahrscheinlichkeit innerhalb dieses Raumes sind rund 95%, also eine Kugelwolke.

Und wenn jetzt das s-Orbital in der 1. Schale is, dann bezeichnet man es als 1s-Orbital. Der Atomkern in der Mitte natürlich, der wird hier nur symbolisiert. Dann das 2s-Orbital ist logischerweise auch eine Kugelwolke, aber sie hat natürlich einen größeren Durchmesser. Das

heißt, das 2s-Orbital ist eine größere Kugelwolke als das 1s-Orbital. So geht's dann weiter, ich denk ihr versteht's, wie die s-Orbitale ausschauen.

<<9.26>> < H: S ruhig; unklar, lachen, Blicke zum Nachbarn>

Dann das nächste sind p-Orbitale. Wieviele p-Orbitale gibt's pro Schale?

S: Drei.

L: Hm?

S: Drei?

L: Ja. Wie kommst' auf das?

S: (unverständlich)

L: Ja, ich meine, wie du drauf kommst? Wir ham's letzte Stunde gelesen.

S: Ja?

L: Seite 25 oben, in dem Text ist gestanden, daß es eben von den s-Orbitalen eine Untereinheit gibt, von den p-Orbitalen drei, von den d-Orbitalen 5 und von den f-Orbitalen 7. Und diese p-Orbitale schauen hantelförmig aus. Und ich nehme an, daß bei euch, ist die z-Achse senkrecht, normalerweise?

<< 9.27>>

S: Ja.

L: Gut, dann soll sie hier auch senkrecht verlaufen. Wenn das p-Orbital rund um die z-Achse gelegt ist, dann ist das das  $p_z$ -Orbital. Was habt's ihr von links nach rechts oder waagrecht laufen, die x oder y Achse?

S: x ist von links unten nach rechts oben bei uns.

L: Bitte?

S: x ist von links unten nach rechts oben.

L: x habt's immer schräg?

S: Ja.

L: Na gerade weil ich grad bei Mathematik oder ... nicht etwas anderes haben möchte. Dann wäre das die y Achse, dann ist das  $p_y$ -Orbital entsprechend so orientiert, und wenn die x-Achse dann so läuft, dann ist das  $p_x$ -Orbital entsprechend in der Richtung der x-Achse so herum gelegt. Es ist wichtig, daß wir das im Kopf behalten, daß es von den p-Orbitalen pro Schale immer drei Stück gibt. Die d-Orbitale und f-Orbitale sind kompliziertere Formen, wo wir Seite 25 hier zwei solche d-Orbitale angeführt ham, das  $d_{z^2}$ -Quadrat unten, das xy oben, oder Entschuldigung das  $d_{xy}$ .

Aber es ist so, daß ich normalerweise im Unterricht auf diese komplizierteren Formen nicht näher eingeh', weil wir es ja auch nicht benötigen. Wenn sich jemand interessiert, kann er gerne kommen, ich erklär' dann noch, wie die andern Orbitale ausschauen, aber wir verwenden sie eigentlich nicht. Ihr seht's hinten auf den Kästen, Modelle dieser Orbitale, zum Teil und hier nur herausgehoben, das weiße Orbital wäre ein p-Orbital, ihr seht's das ist a kompliziertere Anordnung von einem Kohlenstoff, aber nur grundsätzlich vom räumlichen Aufbau her, schaut ein p-Orbital so aus. Zumindest im Modell, ja. Soweit jetzt diese Orbitale. Ah. Eine Zwischenfrage noch, wie schaut's aus mit den Energiezuständen der Unterniveaus? Ja, bitte Vanessa.

S: Sind alle auf einer Elektronenhülle.

L: Ja. Könntest du es ein bißchen konkreter formulieren?

S: Zuerst s.

L: Also die, innerhalb einer Schale, ja, ist?

S: Ist immer klein, also das kleinste.

L: Sag' einfach, was das Kleinste ist, und wie wie sie dann das größer werden.

S: s ist das kleinste, dann p, dann d, dann f.

<< 9.30 >>

L: Ja. Richtig. Also die s-Orbitale sind das niedrigste Niveau innerhalb einer Schale, dann kommen die p-, dann die d-, dann die f-Orbitale. Wenn man innerhalb einer Schale arbeitet, denn das ist das, worum's als nächster Punkt jetzt in unserer Arbeit geht, die Frage, wie werden Elektronen in die Elektronenhülle eingebaut? Die nächste Frage lautet, wie werden jetzt diese Elektronen in die Elektronenhülle, das heißt in die Orbitale eingebaut. Und zu dem Zweck, um das zu klären gibt es die sogenannten Besetzungsregeln. I bin wieder auf Seite 26. Die Elektronen eines Atoms besetzen die Orbitale nach folgenden Regeln. Wer würde das von euch bitte lesen?

<Th: Schweigen.>

L: Konstantin, bitte.

<<9.31>>

S: (liest aus dem Buch vor). Die drei Besetzungsregeln ....

L: So. Jetzt schauen wir die Regeln einzeln an. Die erste Regel. Das niedrigst mögliche Niveau bei dem Gesetz, dann die höheren, ah, do sog ich manchmal dazu, das ist wie bei einem Kaffeehäger!. Wenn du den Tee reinschüttest, oder den Kaffee, dann wird er immer die niedrigst mögliche Niveau rein das niedrigst mögliche Niveau einnehmen; wenn ich einen Ball fallenlasse, dann rollt der soweit, bis er zur niedrigsten Stelle kommt, dort bleibt er liegen. Ja. Und so ist es auch beim Elektroneneinbau. Wenn ein niedriges Energieniveau wo leer is, dann wird das gefüllt. Das is die erste Regel, da bleibt kein, wie soll ma sagen, kein Loch dazwischen. Ja. Die zweite Regel die sich ja mit unserem Haus hier entsprechend verbindet, nachdem der Pauli da maturiert hat. Jedes Orbital kann maximal zwei Elektronen mit entgegengesetztem Spin aufnehmen. Wichtig sich zu merken, in einem Orbital immer nur zwei Elektronen mit entgegengesetztem Spin. Die Formulierung hier ist eigentlich die Kurzfassung. Er hat eine andere Formulierung verwendet, er hat nämlich gesagt, was ich vorher schon amal g'sagt hab.

<<9.33 >>

S: In Physik.

L: Bitte? Weißt nicht?

S: Die Spinquantenzahl.

L: Ja? Pf, dann bitte.

S: Eine Quantenzahl muß verschieden sein.

S: Haben wir in Physik gehört, zwei Elektronen müssen sich in mindestens einer Quantenzahl unterscheiden.

L: Sehr gut <Th: S strahlt>

L: I hab' euch g'sagt, in einem Wohnblock gibt's kane 2 Wohnungen, wo alle 4 Zahlen gleich sein können. Dann stimmt das nicht. Und auch hier is es so. Mindestens eine der 4 Quantenzahlen muß sich unterscheiden. Und dann ist sozusagen das Limit, die Spinquantenzahl. Denn bei der Spinquantenzahl gibts nur plus oder minus einhalb. Und wenn das so ist, dann sind offensichtlich pro Orbital nur die 2 Elektronen möglich mit dem entgegengesetzten Spin. Ja. Das dritte: die Hund'sche Regel. Orbitale mit gleicher Energie werden zuerst mit je einem Elektron besetzt. Nun beim S-Orbital gibt's immer nur eines, daher fällt die Regel hier raus. Die wirkt sich nicht aus. Bei den p-Orbitalen hab' ich immer drei verschiedene Möglichkeiten, das heißt, wenn Elektronen eingefüllt werden, wird zuerst ein Elektron in ein p-Orbital eingebaut, wenn ein nächstes Elektron dazukommt, ins zweite p-Orbital, wenn eines dazukommt, ins dritte p-Orbital, und dann erst wird doppelt besetzt. Ja, ich mach' folgenden Vorschlag, rein aus Bequemlichkeit, und der Übersicht her. Nachdem wir in unser'n Lernsystemen gewohnt sind, oft sozusagen nach der Reihenfolge x, y und z vorzugehen, daß wir es auch so aufschreiben, daß immer zuerst das  $p_x$ -Orbital, dann das  $p_y$ - und dann das  $p_z$ -Orbital ein Elektron sozusagen bekommt, ja, weil es mir sehr hilfreich

erscheint, wenn ma da ned a neues System anfangt. Aber wenn ich ehrlich bin, muß ich sagen, eigentlich kann's irgend a Reihenfolge sein, denn sie haben gleiche Energie, sozusagen. Die Elektronen in Wirklichkeit halten sich nicht an dieses System, aber ich schlag' beim Aufschreiben vor, daß wir es so machen. Gut. Jetzt simma dann soweit, aufzuschreiben, wie's geht. Und zwar läuft das unter der Überschrift "Elektronenkonfiguration der Elemente." Elektronenkonfiguration der Elemente, und Elektroenkonfiguration heißt also nichts anderes als Elektronen anordnen. Es geht um die Elektronenanordnung der Elemente in der Hülle für jedes einzelne Atom. Und das jetzt zu entwickeln ist eigentlich eine Zusammenfassung von verschiedenen Punkten, die wir zuletzt gemacht haben. Es ist die Zusammenfassung von heute, daß ma weiß, welche Orbitale es gibt, und in welcher Reihenfolge sie gefüllt werden, es ist die ganze Regel, oder die ganzen Besetzungsregeln sind dabei, es sind die Quantenzahlen sozusagen im Hinterkopf, und es ist noch eine Größe dabei, die vom Bohrschen Atommodell übrig is, wo ich vorschlagen würd', wir schreiben uns das hier noch an den Rand. Nämlich, die Frage, wieviele Elektronen gehen maximal in ein Orbital. Wieviele sind's?

S: Vier.

L: Da gibt's eine Formel dazu, wieviele Elektronen gehen maximal 'tschuldigung, in ein Orbital is falsch, die Frage muß lauten, in eine Schale. Das war bei den Orbitalen..

<<9.37 >> <H: ein paar S-Meldungen>

S: Zwei n-Quadrat ( $2 \cdot n^2$ ).

L: Jawohl. Was bedeutet das n noch amal?

S: n ist die Nummer der Schale.

L: Gut. Also schau' ma's uns an. Unter der Beziehung  $2 \cdot n^2$  ... ich fass' es noch amal hier zusammen, ihr habt's es im Heft, heißt das: In die erste Schale gehen maximal ... Matthias? Wie viele Elektronen?

S: Zwei.

L: Zwei Elektronen. Und weiter in die zweite Schale gehen maximal?

S: Acht. <H: Aufforderung von einen S an einen anderen, er solle etwas sagen>

L: Maximal acht. Konstantin, in die dritte Schale?

K: Achtzehn.

L: Achtzehn. Cornelia, wieviele Elektronen gehen in die 4. Schale?

S: Zweiunddreißig.

L: Jawohl. Und die fünfte mach ma noch. Wing Yee?

S: Fünfzig.

<<9.38 >>

L: Fünfzig Elektronen, ja. Und was ich von euch jetzt möchte ist nix anderes als eine Herausforderung, daß wir versuchen, das was wir über diese Anzahl der Elektronen wissen, über die Orbitale wissen, die Besetzungsregeln wissen, zusammenzufassen. Und dann kommt noch ein Schritt dazu, das mach ma stückweise, nämlich wie schaut das dann im Periodensystem aus. Ja.

Wir machen das schrittweise jetzt vom Wasserstoff weg. Also, Elektronenkonfiguration vom Wasserstoff eins-eins, wieviele Elektronen hat jetzt der Wasserstoff zur Verfügung, Andreas?

S: Eines.

<<9.39 >>

L: Eines. Stellt sich die Frage, wo kommt dieses eine Elektron hin? Frage: In welche Schale wird's eingebaut? Machst du weiter, Andreas.

S: In die erste Schale.

L: In die erste Schale wird's eingebaut. In welches Orbital wird sie wird das Elektron eingebaut?

S: 1s.

L: Hab' ich ein anderes Orbital in der ersten Schale?

S: Nein

L: Sicher ned?

S: Nein

<<9.40 >>

L: Na, er hat recht. Es gibt kein anderes Orbital. Warum nicht? Warum gibt's in der ersten Schale nur ein Stück s-Orbital? Woher könnte man sich das überlegen? (Pause.)\_Hat jemand a Idee? Ich weiß es ist a komplexe Frage. Aber nehmen wir die Informationen von hier. Wieviele Elektronen gehen in eine Schale?

S: Fünf.

L: Zwei, oder?

S: Ach so, ja

L: Zwei gehen in eine Schale. Wieviele Elektronen gehen in ein Orbital? Besetzungsregeln, Zweite, die Hund'sche Regel. In ein Orbital gehen maximal? Pardon, Pauli-Regel... zwei Elektronen. Das heißt in einem Orbital hab' ich genug. Und jetzt, um das deutlich zu machen, daß ein Elektron drinnen ist, wird das mit einer Hochzahl von 1 fixiert. Das heißt die Elektronenkonfiguration fürs Natrium lautet  $1s^1$ . Und ich wiederhol' noch amal die Bedeutung der Begriffe hier: Der erste Einser ist die Nummer der Schale, Hauptquantenzahl. Der Buchstabe ist das Orbital. Und die Hochzahl gibt an, wieviele Elektronen da drinnen sind.

Ist das okay? Oder ist jemand ausg'stieg'n? Dann sollt er's jetzt sagen und diese Dinge klären, weil es ist schwer weiter aufzubauen. Dann gemma zum nächsten Element. Wie lautet des? Christian.

S: Helium.

L: Helium. Welche Ordnungszahl?

S: Zwei.

<<9.42 >>

L: Zwei. Und welche Massenzahl?

S: Vier.

L: Vier. Da könn' ma dann wieder, falls es nicht klar is', was is', die Massenzahl wiederholen. Wenn die Ordnungszahl zwei ist, bedeutet das, ich hab wieviele Elektronen?

S: Zwei.

L: Christian, zwei, gut. Wie werden die jetzt eingebaut? Jeder für sich. Ich bau' jetzt sozusagen das zweite Elektron regelgemäß in dieses System ein. (Pause.15''.) Matthias.

S: Eins-s-zwei ( $1s^2$ ).

### 3. Anwendung/Übung/Zusammenfassung/Abschluß (ca. 8 Minuten)

<< 9.43 >>

L: Ja. Also wir machen weiter. Wo ist der nächste Energieplatz frei? In der ersten Schale hab ich im s-Orbital ein Elektron. Das heißt ich krieg' ja pro Orbital zwei Elektronen hinein, daher  $1s^2$ . Was der Matthias gesagt hat, ist richtig, ja, aber es geht ja nicht nur um richtig, sondern a zu verstehen warum. Ja. Das ist jetzt nicht in jeder Klasse gleich, sag' i ehrlich. Aber es gibt noch ein System mit dem ma's koppeln kann, das ist im Buch auf der Seite 26 unten. Da ist so ein Energieniveauschema drinnen. Manchen hilft es, für manchen ist es eher mehr a Problem, muß ich dazusagen. Schaut's euch das Energieniveauschema an. Ich hab unten s, p, d und f solche Kästchen für Orbitale. Für jedes Orbital ein Kästchen und in der ersten Schale hab ich sozusagen ein Kästchen beim s-Orbital ... (Seitenwechsel bei der Tonbandaufnahme. Eine kurze Passage fehlt.)

<<9.44>>

L: Die erste Schale ham wir, probier' ma's damit. In der zweiten Schale hab ich Platz für

wieviele Elektronen maximal?  
S: Acht.  
L: Acht Elektronen. Das heißt, grundsätzlich würde man welche Anzahl von Orbitalen benötigen, um acht Elektronen überhaupt unterzubringen?  
S: Vier  
L: Vier Orbitale brauch ich. Jetzt ist die Frage, wer sind dies 4 Orbitale. Friedrich?  
<< 9.45 >>  
S: 1f.  
L: Na.  
S: 2  
L: Des is' a heikle Formulierung. Ein Stück s-Orbital, aber nachdem es in der 2. Schale is, wird es wie heißen? Es wird heißen 2s. Okay. Und was noch?  
S: Drei Stück p.  
L. Jawohl. 3 Stück p. Hier bitte sehr genau aufpassen bei der Formulierung. Wenn ich sag', das ist das Orbital, dann heißt es 2p-Orbital, 2s-Orbital, bzw. 2p<sub>x</sub>-Orbital, 2p<sub>y</sub>-Orbital und 2p<sub>z</sub>-Orbital. Ja. Von der Anzahl her merkt's euch, das ist die ungerade Zahl, 1, 3, 5, 7. So probier' ma das nächste Element. Lithium. Hm. Ricarda, machst du's bitte. Ordnungszahlen?  
<< 9.46 >>  
S: Drei.  
L: Ja?  
S: Massenzahl 6, 9,  
L: Bitte?  
S: 6, 9.  
L: Na!  
S/S: 7  
L. Gerundet 7. Okay. Wie viele Elektronen müssen eingebaut werden?  
S: Drei.  
L: Drei Stück. Wie wer'n die verteilt? Wo wer'n die ersten Elektronen hinkommen?  
S: In die ersten.  
L: Richtig. Das heißt, die Elektronenkonfiguration von vorher, die bleibt amal, und wird nur jetzt um eins noch erweitert. Das heißt das 1s<sup>2</sup> von vorher gilt, weil das war das niedrigste Niveau. Jetzt ist die Frage: Was ist das <<9.47> nächst höhere Energieniveau, in das man ein Elektron einbauen kann? (Pause. Was überlegst? Wenn du irgendwo.... Du kannst mir auch sagen, was du überlegst, dann kann ich dir, ich möchte dir gern helfen.  
<H: Schüler eher unruhig, einige schalten ab>  
S: 2s.  
L: 2s, ja, und die Elektronenkonfiguration heißt dann konsequenterweise?  
S: 1  
L: 2s<sup>1</sup>. Ja, gut. Mach' ma amal zwei, drei Beispiele weiter und dann diskutier' ma's noch amal. Was ist das nächste Element?  
S: Beryllium.  
L: Wer macht weiter gleich? Daneben, die Veronica.  
S: Ordnungszahlen 4, und 9.  
L: Wie heißt das Element?  
<< 9.48 >>  
S: Beryllium.  
L: Ja.  
S/S Massenzahl ..  
L: Massenzahl neun, ja, die möcht ich nur so als Übung mitlaufen lassen. Wie schaut's aus, wie

wird das nächste Elektron eingebaut?

S:  $1s^2, 2s^2$ .

L:  $1s^2, 2s^2$ . Es stimmt. Wenn ich fragen würde warum, was würdest antworten, warum g' hört das 2. oder das nächste Elektron jetzt da hinein?

S: Ja, weil ich das eine, ein Elektron eben weiter oben in das s-Orbital hineingeht.

L: Ja, also dieses Elektron hat noch ...?

S: Platz

L: Platz, ja. Das heißt, ich könnte hier jetzt diese beiden Elektronen wieder weiterführen, in 2s-Orbitale, ich hab vorher vergessen (an der Tafel zu zeichnen), beim Lithium eines, beim Beryllium das nächste, und ah Alexander, machst du weiter?

S: Ist Bor.

L: Ja.

<< 9.49 >>

S: 5 und 11.

L: Und?

S:  $1s^2$  und  $2s^2$ .

L: Wieviele Elektronen fehlen dir noch?

S:  $3s^1$

L: I hab's akustisch net g' hört.

S:  $3s^1$ .

L: Stop. Wo müßte das nächste Elektron hinkommen? Schau, wie heißt die Besetzungsregel Nr. 1?

S: Ins nächste Energieniveau, das frei ist.

L: Ins nächste Energieniveau, das frei ist. Schau dir das hier an, was is'n da, oder bei dir im Buch, das nächst höhere Energieniveau?

S: (schweigt.)

<< 9.50 >>

L: Also es muß lauten: 2p.

S: 1.

L: Ich sag jetzt amal x dazu, x1. Okay. Seht's ihr, hier ist das nächste Niveau. Was wär' das nächste Niveau dann, für den Kohlenstoff?

S:  $2p_{x^2}$ ?

L: (Pff) Einspruch!

S:  $p_{x1}, p_{y1}$

L:  $p_{x1}, p_{y1}$ , Hund'sche Regel. Ich würd' folgendes sagen, probiert's amal bis zum nächsten, bis zum Mittwoch, wo wir uns sehen, das bis zum Neon weiterzumachen. Ja, aber aufschreiben vor der Stunde hat keinen Sinn. Ich hör jetzt auf.

Unterrichtsende ca. 9.51.

Anschließend Fragebogen (von Thomas Stern) ausgeteilt, ausgefüllt und abgesammelt.