



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Chemieunterricht im Spannungsfeld von  
fachlichem Anspruch und bestehenden  
SchülerInnenvorstellungen

Verfasser

Markus Idlhammer

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2012

Studienrichtung (lt. Studienblatt): Diplomstudium Lehramt, 1. UF Physik,  
2. UF Chemie

Studienkennzahl (lt. Studienblatt): A 190 412 423

Betreuer/ Betreuerin: Univ.- Prof. Dr. Anja Lembens

## **Vorwort**

Mit dieser Diplomarbeit schlieÙe ich das Studium in den Unterrichtsfächern Physik und Chemie an der Universität Wien ab. Die vergangenen Jahre waren für mich sehr lehrreich aber vor allem auch äußerst interessant.

An dieser Stelle möchte ich meiner Gattin Olesja und meinem Sohn Daniel dafür danken, dass sie mich so geduldig durch das Studium begleitet haben. Bei meinen StudienkollegInnen bedanke ich mich für die gute und in vielen Fällen hilfreiche Zusammenarbeit.

Ich danke Frau Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens und Frau Dr. Simone Abels für die gute Betreuung. Mein Dank gilt auch Frau Mag. Sandra Puddu und allen anderen Teilnehmern und Teilnehmerinnen des Diplomandinnen- und DissertantInnenseminars Didaktik der Chemie für die zahlreichen Ratschläge.

Weiters gilt mein Dank auch dem SSR für Wien, denn ohne entsprechende Dienstfreistellungen wäre dieses Studium nicht zu bewältigen gewesen.

Meinen besonderen Dank möchte ich meiner lieben Kollegin Mag. Heidemarie Tschida aussprechen, da sie unermüdlich immer wieder meine Arbeit korrigiert hat. Weiters möchte ich mich auch bei Herrn DDr. Mag. Thomas Benesch bedanken, da er mir bei fachlichen Fragen, bezüglich der statistischen Auswertung, mit zahlreichen Tipps beigestanden ist.

Wien, im Oktober 2012

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel verfasst habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Fotografien wurden von mir selbst angefertigt. Bei den restlichen Bildern habe ich mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Wien, am 31. Oktober 2012

# INHALTSVERZEICHNIS

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>EINLEITUNG</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2.</b> | <b>DIE NOTWENDIGKEIT EINER NATURWISSENSCHAFTLICHEN VORBILDUNG<br/>IN DER SEKUNDARSTUFE I</b>            | <b>10</b> |
| 2.1       | WISSENSCHAFT UND IHRE BEDEUTUNG IM UNTERRICHT.....  | 11        |
| 2.2       | PRAKTISCHE UND BILDUNGSTHEORETISCHE BEGRÜNDUNG FÜR<br>NATURWISSENSCHAFTLICHE GRUNDBILDUNG .....         | 13        |
| <b>3.</b> | <b>SCHÜLERINNENVORSTELLUNGEN UND DEREN BERÜCKSICHTIGUNG</b>   | <b>15</b> |
| 3.1       | DIE LERNTHORIEN NACH JEAN PIAGET .....  | 15        |
| 3.2       | WAS VERSTEHT MAN UNTER SCHÜLERINNENVORSTELLUNGEN? .....   | 15        |
| 3.3       | WAS VERSTEHT MAN UNTER PRÄKONZEPTEN? .....  | 17        |
| 3.3.1     | <i>Wasserlacke und Sonnenstrahl</i> .....   | 18        |
| 3.4       | HAUSGEMACHTE SCHÜLERINNENVORSTELLUNGEN .....  | 19        |
| 3.5       | UNTERRICHTSPRAXIS ZUR VERMITTLUNG ANGEMESSENER VORSTELLUNGEN .....                                      | 20        |
| 3.6       | SCHÜLERINNENVORSTELLUNGEN UND UMGANGSSPRACHE .....  | 22        |
| 3.7       | EINFÜHRUNG EINER CHEMISCHE FACHSPRACHE .....  | 23        |
| 3.8       | BASISKONZEPTE FÜR EINEN MODERNEN CHEMIEUNTERRICHT .....   | 24        |
| <b>4.</b> | <b>UNTERSUCHUNGEN ZU SCHÜLERINNENVORSTELLUNGEN</b>  | <b>26</b> |
| 4.1       | UNTERSUCHUNGEN ZU SCHÜLERINNENVORSTELLUNGEN AM BEISPIEL<br>AGGREGATZUSTÄNDE.....                        | 26        |
| 4.1.1     | <i>SchülerInnenvorstellungen zum Thema „Gase“</i> .....   | 28        |
| 4.1.2     | <i>Sachanalyse zum Thema „Gase“</i> .....   | 30        |
| 4.2       | UNTERSUCHUNGEN ZU SCHÜLERINNENVORSTELLUNGEN AM BEISPIEL DER<br>ZUSTANDSÄNDERUNGEN VON MATERIE .....     | 35        |
| 4.2.1     | <i>Vorstellungen von SchülerInnen über die Eigenschaften der Materie</i> .....                          | 41        |
| 4.2.2     | <i>Die Auswirkungen naiver Vorstellungen über die Zustände der Materie auf den<br/>Unterricht</i> ..... | 42        |
| 4.2.3     | <i>SchülerInnenvorstellungen zum Teilchenkonzept</i> .....  | 43        |
| 4.2.4     | <i>Kleinste Teilchen der Materie und Modellbegriff</i> .....  | 47        |
| 4.2.5     | <i>Sachanalyse zum Thema „Teilchenmodell“</i> .....   | 52        |
| 4.3       | TEILCHEN UND DER „HORROR VACUI“ .....   | 55        |
| 4.3.1     | <i>Sachanalyse zum Thema „Horror vacui“</i> .....   | 55        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.4       | KLEINSTE TEILCHEN- DER OBERBEGRIFF FÜR ATOME, IONEN UND MOLEKÜLE .....                         | 57        |
| 4.4.1     | <i>Sachanalyse zum Thema Atome, Ionen und Moleküle.....</i>                                    | 58        |
| 4.4.2     | <i>Versuche zu den Themen Teilchenkonzept, „Horror vacui“, Atome, Ionen und Moleküle .....</i> | 58        |
| 4.5       | KONSEQUENZEN FÜR LEHRERINNEN .....   | 62        |
| 4.5.1     | <i>Mögliche Aktivitäten um den SchülerInnevorstellungen entgegenzuwirken .....</i>             | 65        |
| 4.6       | FAZIT.....   | 67        |
| <b>5.</b> | <b>GENDER: MONO- UND KOEDUKATIVER UNTERRICHT</b>   | <b>68</b> |
| 5.1       | KOEDUKATION VERSUS MONOEDUKATION .....   | 68        |
| 5.2       | ERFAHRUNGEN MIT MONOEDUKATIVEM UNTERRICHT AN DER PTS .....                                     | 71        |
| <b>6.</b> | <b>SPRACHLICHE HETEROGENITÄT</b>   | <b>73</b> |
| 6.1       | SITUATION AN DER POLYTECHNISCHEN SCHULE .....  | 73        |
| 6.2       | SPRACHLICHE HETEROGENITÄT IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT .....                          | 75        |
| <b>7.</b> | <b>EMPIRISCHER TEIL</b>  | <b>77</b> |
| 7.1       | ZIEL UND HYPOTHESE MEINER STUDIE .....   | 77        |
| 7.2       | KURZBESCHREIBUNG DER UNTERRICHTSBLÖCKE.....  | 78        |
| 7.3       | FORSCHUNGSFELD .....   | 79        |
| 7.3.1     | <i>Die Klassensituation.....</i>   | 79        |
| 7.3.2     | <i>Die Raumsituation.....</i>  | 81        |
| 7.4       | UNTERRICHTSKONZEPT .....   | 81        |
| 7.4.1     | <i>Unterrichtsblock 1: „Teilchenmodell“.....</i>   | 82        |
| 7.4.2     | <i>Unterrichtsblock 2: Der leere Raum zwischen den Teilchen .....</i>                          | 83        |
| 7.4.3     | <i>Unterrichtsblock 3: Kleinste Teilchen, die Atome.....</i>                                   | 85        |
| 7.4.4     | <i>Zusammenfassung.....</i>  | 86        |
| 7.5       | ERHEBUNGSMETHODE .....   | 87        |
| 7.5.1     | <i>Die Items der Fragebögen.....</i>   | 87        |
| 7.6       | DURCHFÜHRUNG DER BEFRAGUNG .....   | 87        |
| 7.7       | AUSWERTUNG DER GESCHLOSSENEN FRAGEN .....  | 88        |
| 7.8       | AUSWERTUNG DER ANTWORTEN AUF DIE OFFENEN FRAGEN .....  | 91        |
| 7.8.1     | <i>Festlegung des Materials .....</i>  | 91        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 7.8.2     | <i>Analyse der Entstehungssituation</i> .....                        | 91         |
| 7.8.3     | <i>Formale Charakteristika des Materials</i> .....                   | 91         |
| 7.8.4     | <i>Was soll das Ergebnis der Interpretationen sein?</i> .....        | 92         |
| 7.8.5     | <i>Theoriegeleitete Differenzierung der Fragestellung</i> .....      | 92         |
| 7.8.6     | <i>Ablauf der Analyse</i> .....                                      | 92         |
| 7.9       | ERGEBNISDARSTELLUNG UND ERGEBNISINTERPRETATION .....                 | 105        |
| 7.9.1     | <i>Statistische Diskussion</i> .....                                 | 105        |
| 7.9.1.1   | <i>Änderungen und Entwicklungen</i> .....                            | 105        |
| 7.9.1.2   | <i>Unterschiede im Geschlecht</i> .....                              | 109        |
| 7.9.1.3   | <i>Unterschiede aufgrund der Muttersprache</i> .....                 | 111        |
| 7.9.2     | <i>Qualitative Abgrenzung zu den quantitativen Ergebnissen</i> ..... | 113        |
| 7.10      | METHODENREFLEXION .....  | 116        |
| 7.11      | ZUSAMMENFASSUNG .....  | 118        |
| <b>8.</b> | <b>FAZIT UND AUSBLICK</b>  | <b>120</b> |
| 8.1       | IMPLIKATIONEN FÜR FORSCHUNG .....                                    | 120        |
| 8.2       | IMPLIKATIONEN FÜR UNTERRICHT .....                                   | 121        |
|           | <b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>   | <b>123</b> |
|           | <b>DIAGRAMME</b>   | <b>123</b> |
|           | <b>TABELLENVERZEICHNIS</b>   | <b>124</b> |
|           | <b>ANHANG</b>  | <b>125</b> |
|           | <b>KURZFASSUNG</b>   | <b>136</b> |
|           | <b>ABSTRACT</b>  | <b>138</b> |
|           | <b>LITERATUR</b>   | <b>140</b> |
|           | <b>LEBENS LAUF</b>   | <b>147</b> |

# 1. Einleitung

Fragt man Menschen nach ihren Erfahrungen aus dem Chemieunterricht, bekommt man oft die Antwort, dass die Inhalte sehr schwer zu verstehen gewesen wären. Zweifellos werden im Chemieunterricht hohe intellektuelle Ansprüche an SchülerInnen gestellt.

In einer Reihe von Untersuchungen, wird gezeigt, dass die Unterrichtsinhalte teilweise zu abstrakt sind und diese daher nicht von allen SchülerInnen verstanden werden (Ich beziehe mich u. a. auf Studien von Novick/ Nussbaum (1981), Osborne/ Cosgrove (1983), Stavy R. (1990a), Johnson (1998b), Taber (2002) und Barke (2006), in denen SchülerInnenvorstellungen untersucht wurden). In den angesprochenen Erhebungen wurde festgestellt, dass etwa 20 – 30% der untersuchten SchülerInnen ihre Alltagsvorstellungen in den Unterricht mit einbringen. Das ist ein Problem, da der Unterricht nicht immer an SchülerInnenvorstellungen angepasst ist. Basierend auf diesem Wissen, haben Lehrerinnen die Möglichkeit ihren Unterricht entsprechend anzupassen.

Der naturwissenschaftliche Unterricht soll zu einem Verständnis der natürlichen und vom Menschen manipulierten Umwelt und ihrer Prozesse führen. Dabei muss der Unterricht sich auch mit den Alltagsvorstellungen der SchülerInnen auseinandersetzen. Es erhebt sich nun die Frage, inwiefern der Chemieunterricht anders erlebt wird, wenn diese SchülerInnenvorstellungen den Lernenden bewusst gemacht werden und ob es zu einer Annahme von wissenschaftlichen Konzepten führt. Hierzu meint Duit (1994), dass SchülerInnen durchaus bereit sind, wenn ihre eigenen Erklärungen nicht mehr zur Lösungsfindung beitragen, den Unterricht der LehrerInnen nachzuvollziehen und neue Denkstrukturen aufzubauen.

Im Folgenden sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie chemische Phänomene, denen das Konzept der Teilchenvorstellung zugrunde liegt, für Schüler und Schülerinnen anschaulich dargebracht werden können. Als theoretischer Bezugsrahmen wird Lernen als Konzeptwechsel herangezogen. Konzeptwechsel soll hier nicht als Austausch von bestehenden Vorstellungen durch neue Konzepte verstanden, sondern als ein kontextabhängiger Wechsel von Alltagsvorstellungen zu chemischen Konzepten interpretiert werden, wobei beide Vorstellungsarten, sowohl die Alltagsvorstellungen als auch die Vorstellungen zu chemischen Konzepten, nebeneinander vorliegen können. Darüber hinaus wird mit dem Konzeptwandel eine Hinführung zur naturwissenschaftlichen Denkweise ermöglicht (Nieswandt, 2001).

Lernen wird in diesem Zusammenhang als ein in parallelen Konstruktionen stattfindender Prozess angesehen. Driver (1994) meint hierzu: „Anstatt eine einzigartige und kraftvolle Idee zu entwickeln, werden Individuen mit unterschiedlichen Denkweisen dargestellt, das ist ein konzeptionelles Profil, innerhalb spezifischer Bereiche“ (Driver, Asoko, Keach, Mortimer und Scott, 1994, S. 7).

Meine Hypothese ist, dass ein entsprechender Einführungsunterricht dabei behilflich sein kann, bestimmte SchülerInnenvorstellungen bewusst zu machen oder sogar zu ändern. Hierzu findet eine Untersuchung an einer Gruppe von 24 SchülerInnen an einer Polytechnischen Schule in Wien statt. Hierbei sind zwei Punkte hervorzuheben. Der Unterricht findet in einem monoedukativen Rahmen statt und 66% der SchülerInnen haben eine andere Muttersprache als Deutsch. Für die Untersuchung wird die Klasse in eine Mädchengruppe mit 9 Schülerinnen und in eine Knabengruppe mit 15 Schülern aufgeteilt. Diese Maßnahme haben wir in dieser Klasse vor fünf Jahren eingeführt, da wir damit sehr gute Erfahrungen gemacht haben auf die ich später noch eingehen werde.

Die Erhebung der Alltagsvorstellungen der SchülerInnen wird mit Hilfe eines Fragebogens durchgeführt. Die Items des Fragebogens sind Aufgaben, deren Inhalte sich hauptsächlich auf Phänomene des täglichen Lebens beziehen, die auf Teilchenmodelle zurückzuführen sind. Die SchülerInnen sollen Vorgänge wie Verdunsten, Kondensieren, Schmelzen und Druck, unter Zuhilfenahme von Fachausdrücken, beschreiben. Die Fragen sind zum Teil aus dem Englischen übersetzt und wurden auch schon in früheren Studien verwendet (Novick/Nussbaum, 1981, Stavy, R., 1990a, Johnson, 1998b, u.a.). Nach der ersten Erhebung, deren Ergebnis dazu dient, einen Vergleich der SchülerInnenvorstellungen der beiden Gruppen zu ermöglichen, erfolgt ein Einführungsunterricht, der aus sechs Unterrichtseinheiten besteht und deren methodischer Schwerpunkt das Aufwerfen eines kognitiven Konflikts ist. In drei Unterrichtsblöcken zu je zwei Stunden mit den thematischen Schwerpunkten: „Teilchenmodell“, „Horror vacui“ und Einführung der Begriffe „Atome“, „Moleküle“ und „Ionen“, werden die Lernprozesse der SchülerInnen über drei Monate hinweg dokumentiert.

Der Unterricht zu den genannten Themen ist, basierend auf der ersten Auswertung, so gestaltet, dass SchülerInnenvorstellungen besondere Berücksichtigung finden.

Am Ende der sechsten Unterrichtseinheit und am Ende des dritten Monats werden ebenfalls Fragebögen eingesetzt. Um die Ergebnisse mit einander vergleichen zu können, werden die Fragen im Post- und Follow-up-Test nicht verändert. Die Auswertung der geschlossenen Fragen findet mit Hilfe eines Statistikprogrammes (SPSS) statt. Die Antworten auf die



offenen Fragen werden einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) unter Verwendung der Technik der skalierenden Strukturierung unterzogen.

Folgende Fragen sollen unter Hinzuziehung der Unterrichtsbeobachtungen beantwortet werden:

- Welche SchülerInnenvorstellungen sind vorhanden?
- Inwieweit stimmen die Ergebnisse meiner Auswertung in Bezug auf die SchülerInnenvorstellungen mit den Ergebnissen anderer Studien überein?
- Welche geschlechtsspezifischen Unterschiede lassen sich feststellen?
- Inwieweit unterscheiden sich die Befragungsergebnisse der SchülerInnen mit Migrationshintergrund (Anteil rund 66%) von den SchülerInnen ohne Migrationshintergrund?
- Wie schlägt sich mein Unterricht auf die Verwendung von Alltagsvorstellungen nieder und gibt es eine Veränderung?

Als Ergebnis wird erwartet, dass die SchülerInnenvorstellungen den genannten wissenschaftlichen Konzepten nach dem abgestimmten Unterricht eher entsprechen werden, was gleichzeitig auch die oben genannte Hypothese bestätigen würde.

## 2. Die Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Vorbildung in der Sekundarstufe I

Im Folgenden soll gezeigt werden, warum naturwissenschaftliche Vorbildung von so großer Bedeutung ist. In weiterer Folge wird auch versucht eine Erklärung zu finden, warum der naturwissenschaftliche Unterricht für SchülerInnen so unattraktiv ist. Es werden auch mögliche Ansätze gezeigt, wie LehrerInnen in Zukunft vorgehen sollen, um den naturwissenschaftlichen Unterricht für SchülerInnen wieder ansprechender zu machen.

Unter der Förderung von naturwissenschaftlicher Grundbildung, die auch Scientific Literacy genannt wird, versteht man den Versuch, in den entsprechenden Unterrichtsfächern allgemeinbildende Aspekte in den Vordergrund zu stellen. Gegenstand des Naturwissenschaftunterrichts sollen vor allem Themen sein, die relevant für die Lebenswelt von SchülerInnen sind. Der Unterricht soll nicht nur ein reines Vermitteln von Fachwissen sein, sondern er soll SchülerInnen dazu befähigen, die neuen Erkenntnisse auch anzuwenden (Pitton, 2004).

Weltweit wird der geringe Erfolg des gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Unterrichts beklagt. Aus diesem Grund werden Inhalte, Methoden und vor allem auch Ziele des Unterrichts neu überdacht. Die angestrebten fachbezogenen Kenntnisse und Fähigkeiten werden von Lernenden in nur geringem Maße erworben, die anfänglich vorhandenen Interessen gehen verloren und ein in der Lebenswelt anwendbares Wissen wird kaum vermittelt. Das Interesse gegenüber dem naturwissenschaftlichen Unterricht ist schwindend, das zeigen diesbezüglich international erhobene Daten (z. B. die ROSE-Studie (Schreiner & Sjøberg, (2004)). Um den Sachverhalt exemplarisch darstellen zu können, möchte ich hier zwei Zitate von Sjøberg erwähnen:

*"In general both girls and boys start school with an intrinsic interest in science and nature. It is a saddening fact that several investigations show a decline of interest and motivation with age (and exposure to school science?" (Sjøberg, & Imsen, 1988, zitiert nach Döbrich 2002, S. 6)*

*"We have to admit that science and technology, at least in Western democracies, are met with distrust and suspicion, and that there seems to be a falling interest in science in schools. Norwegian data show declining enrolment in schools, especially in physics, and we are facing a recruitment crisis in the whole sector of science and technology. Similar trends are visible in many OECD countries." (Sjøberg, 1997, zitiert nach Döbrich 2002, S. 6)*

Die Schlussfolgerung ist, dass sich der Chemieunterricht, neben der Vermittlung von Grundkenntnissen aus den verschiedenen Problemfeldern zusätzlich sehr viel intensiver den komplexen Zusammenhängen von Vorgängen aus dem unmittelbaren Erfahrungsbereich der Lernenden widmen muss. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, dass aus dem Kontext des Unterrichtsfaches heraus wirtschaftliche und gesellschaftliche Probleme ebenso wie alltagsbezogene und umweltbezogene Anwendungen der Technik in den Unterricht miteinbezogen werden müssen. Das soll jedoch nicht bedeuten, dass sich die Ziele und Inhalte des Unterrichts ausschließlich an den Interessen der SchülerInnen orientieren sollen, sondern an den übergeordneten Bildungszielen. Für LehrerInnen ergibt sich, bei Rücksichtnahme auf die oben erwähnten Punkte, dennoch die Chance, einen interesselördernden Unterricht zu planen und zu gestalten (Döbrich, 2002).

## **2.1 Wissenschaft und ihre Bedeutung im Unterricht**

Die Naturwissenschaft basiert zumindest teilweise auf Beobachtungen der Natur. WissenschaftlerInnen haben keinen direkten Zugriff auf die meisten Naturphänomene. Beobachtungen in der Natur werden immer durch unsere Wahrnehmungsfähigkeiten und durch komplizierte Apparaturen gefiltert und anschließend mit Hilfe eines aufwändigen theoretischen Rahmens gedeutet. SchülerInnen sollten in der Lage sein, zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung zu unterscheiden. Die Beobachtungen sind beschreibende Angaben über Phänomene, die wahrgenommen werden. Ein Beispiel für eine Beobachtung ist: Objekte fallen zu Boden. Im Gegensatz dazu bezeichnet man Rückschlüsse als Aussagen über Phänomene, die nicht direkt beobachtet wurden. Ein Beispiel für einen Rückschluss ist: Ein losgelassenes Objekte fällt aufgrund der Schwerkraft zu Boden. Die Schwerkraft kann aufgrund seiner Erscheinungsformen, wie die Störungen von vorhergesagten Planetenbahnen durch interplanetare Anziehungskräfte oder durch die Krümmung eines Lichtstrahls, wenn er das Gravitationsfeld der Sonne durchläuft, beschrieben werden. Ein Verständnis für Beobachtungen und Folgerungen ist entscheidend. Es ist wichtig, dass man zwischen der Vielzahl von theoretischen Einheiten und Begriffen, die man in der Welt der Wissenschaft vorfindet, unterscheiden und dann anschließend die richtigen Schlüsse daraus ziehen kann. Beispiele für solche Einheiten sind Atome, Molekülorbitale, Gene, Photonen, magnetische Felder, und Gravitationskräfte. Wissenschaft ist empirisch. Die Entwicklung von wissenschaftlichen Erkenntnissen involviert auch Beobachtungen in der Natur. Dennoch gehören zum wissenschaftlichen Methodenrepertoire auch menschliche Vorstellungskraft und Kreativität. Wissenschaft ist, entgegen der allgemeinen Auffassung, keine leblose, rationale und geordnete Tätigkeit. Die Wissenschaft fordert von den WissenschaftlerInnen, ein hohes

Maß an Kreativität wenn es um das Finden von Erklärungen und theoretischen Einheiten geht. Der Sprung von den atomaren Spektrallinien zu Bohrs Atommodell mit seinen Bahnen und Energieniveaus ist ein Beispiel hierfür. Dieser Aspekt der Wissenschaft bedeutet, dass wissenschaftliche Begriffe, wie zum Beispiel der Atombegriff, funktionierende theoretische Modelle darstellen. Wissenschaftliche Erkenntnisse, obwohl zuverlässig und langlebig, sind nie absolut. Dieses Wissen, einschließlich Fakten, Theorien und Gesetzen, kann sich ändern. Wissenschaftliche Ansprüche ändern sich, wenn neue Beweise, aufgrund neuer fortschrittlicher Denkweisen oder Technologien gemacht wurden. Um wissenschaftlichen Ansprüchen gerecht zu werden, müssen vorhandene Evidenzen im Hinblick auf neue theoretische Fortschritte umgedeutet werden. Veränderungen im kulturellen und sozialen Bereich bewirken eine Verschiebung in die neu interpretierte Richtung und etablieren neue Forschungsprogramme (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell und Schwartz, 2002).

Rodger Bybee (1997) stellte ein „Schwellenmodell“ zur Science Literacy vor, das für alle Schüler angewandt werden kann. Bybee postulierte „allgemeine Schwellen“, die bei Einstufung von naturwissenschaftlicher und technologischer Bildung herangezogen werden können. Hierbei wird die Entwicklung eines Individuums als Funktion verschiedener Faktoren wie Alter, Lebenserfahrung, Entwicklungsstufe und Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts beschrieben. Bybees Modell „der vier Dimensionen“ dominiert das PISA-Model, z. B. in Deutschland, als Kompetenzmodell für den Erwerb von naturwissenschaftlichen Kenntnissen.

Die Zusammensetzung des Naturwissenschaftstests bei PISA geht der Frage nach, welches Wissen, welche Fähigkeiten von Bedeutung sind, wenn Menschen in alltäglichen oder in schulischen und beruflichen Situationen mit Naturwissenschaften und Technik konfrontiert werden. Bei dem Naturwissenschaftstest im Rahmen der PISA-Studie wird die Überprüfung der naturwissenschaftlichen Kompetenz nicht nur auf Anforderungen, die in schulischen Lehrplänen aufgeführt werden, beschränkt. Es geht vielmehr darum, dass SchülerInnen in der Lage sind, naturwissenschaftliches Wissen in relevanten alltagsnahen Kontexten und alltäglichen Situationen anzuwenden. Die Anwendungsgebiete lassen sich den Bereichen Gesundheit, natürliche Ressourcen, Umwelt, Gefahren/Risiken sowie Grenzen von Naturwissenschaft und Technik zuordnen. Die Problemstellungen können von persönlicher, sozialer oder globaler Bedeutung sein.

Das bei der PISA-Studie eingesetzte Testmodell bietet die Möglichkeiten, die Kompetenzen und die Aufgabenschwierigkeiten auf einer gemeinsamen Skala einzuordnen. Die Skala reicht von der niedrigsten Stufe I bis zur höchsten Stufe VI.

Auf dieser Kompetenzskala werden sowohl die Aufgabenstellungen als auch die Anforderungen, die an die SchülerInnen gestellt werden, mit ansteigenden Kompetenzwerten schwieriger. Die Aufgaben, die sich im unteren Bereich der Skala befinden, sind in einfache, den Schülerinnen und Schülern bekannte Kontexte eingebunden und erfordern im Wesentlichen nur eine direkte Anwendung naturwissenschaftlichen Wissens und ein Verständnis einfacher, allgemein bekannter naturwissenschaftlicher Konzepte. Die Aufgaben im oberen Bereich der Skala verlangen hingegen die Interpretation komplexer und unbekannter Daten sowie die Übertragung naturwissenschaftlicher Konzepte und die Anwendung naturwissenschaftlicher Prozesse auf unbekannte Situationen und Fragestellungen (Rönnebeck, Schöps, Prenzel, Mildner, und Hochweber, 2010)

Es gibt zahlreiche Berufe und Ausbildungswege, wo grundlegende naturwissenschaftliche Kompetenzen gefordert werden. Unsere Welt ist von Naturwissenschaft und Technik geprägt. Um daran teilnehmen zu können, ist es notwendig, ein Minimum an naturwissenschaftlicher Kompetenz zu besitzen, was im Folgenden diskutiert wird.

## **2.2 Praktische und bildungstheoretische Begründung für naturwissenschaftliche Grundbildung**

Damit ein Staat sich gesellschaftlich und wirtschaftlich weiter entwickeln kann, sind Bildung und Forschung eine wichtige Voraussetzung. Wissenschaft und Technik entwickeln sich rasant. Neue Kommunikationstechniken, Fortschritte in der Bio- und Gentechnologie verlangen, dass Menschen in der Lage sind, sich den Anforderungen, basierend auf einem fachlichen soliden sowie ethischen Urteilsvermögen, rasch und ausdauernd zu stellen. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn während der Ausbildung im Rahmen von Schule, Lehre oder Studium die Möglichkeit besteht, sich auf der Basis eines breiten Allgemeinwissens auch Spezialkenntnisse anzueignen. Hierbei muss angemerkt werden, dass die Schule, vor allem die Pflichtschule, nur für die Allgemeinbildung zuständig sein kann.

In einer modernen Gesellschaft sind Erkenntnisse aus der Mathematik und den Naturwissenschaften nicht wegzudenken und für die Wirtschaft und die materiellen Grundlagen des täglichen Zusammenlebens von größter Bedeutung, vor allem dann, wenn man die Erfolge und Fortschritte betrachtet, die im internationalen Wettbewerb in den Bereichen der Grundlagenforschung und angewandten Forschung erzielt werden. Bei einer Vernachlässigung dieser Bereiche entsteht kein neues Wissen als Ausgangspunkt für anwendungsorientierte Forschung mit der Konsequenz, dass die Entwicklung einer Gesellschaft stagniert, was für eine Kultur negative Auswirkungen haben kann. Um all dem

entgegen wirken zu können, benötigt man Menschen, die mathematisch-naturwissenschaftlich gebildet sind.

Neben den wirtschaftlichen Aspekten hat die Schule die Aufgabe, Grundlagen dafür zu schaffen, dass Menschen individuell nach ihren Fähigkeiten und Interessen, ein selbstbestimmtes und erfülltes, durch verantwortungsvolles Handeln geprägtes Leben führen können. Die naturwissenschaftliche Grundbildung ermöglicht SchülerInnen einerseits zu entscheiden, ob sie einer naturwissenschaftlich geprägten beruflichen Zukunft entgegen gehen. Andererseits unterstützt der Unterricht SchülerInnen dabei, dass sie bei verantwortungsvollen Wahl- und Konsumententscheidungen, im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Aspekten, im Alltag die richtige Wahl treffen.

Aufgrund der oben genannten Argumentation kann man den Zusammenhang zwischen Zustand und Leistungen der naturwissenschaftlichen Bildung an den Schulen und der Zukunftsfähigkeit eines Landes herstellen. Es wird immer wieder beklagt, dass sowohl in Deutschland, als auch in Österreich zu wenig junge Menschen sich für ein naturwissenschaftliches Studium entscheiden bzw. dass es eine hohe Abbrecherquote in den naturwissenschaftlichen Ausbildungs- und Studiengängen gibt. Seitens der Wirtschaft gibt es ebenfalls die Kritik, dass Schulabgänger nicht über adäquate Kenntnisse und Fertigkeiten verfügen, was wiederum zu Problemen in der Ausbildung führt. (Gauger, 2003)

Hierbei kommt der Fachdidaktik die Aufgabe zu, Kompetenzmodelle weiterzuentwickeln. Es sollen dabei Konzepte für wesentliche naturwissenschaftliche Kompetenzen erstellt werden. Die Ergebnisse z. B. der vorangegangenen PISA-Studien vergegenwärtigen, welche empirisch gesicherten Ergebnisse über Kompetenzstrukturen und Verläufe vorhanden sind. Sie legen mögliche Forschungslücken offen und bieten die Möglichkeit, dass sich die Fachdidaktik durch empirische Forschung weiterentwickeln kann (Hammann, 2004).

Der Umgang mit naturwissenschaftlichen Problemstellungen und Sachverhalten muss zunehmend von den SchülerInnen her geplant und gedacht sein. Die Didaktiker auf den Hochschulen sind sehr bemüht, zukünftige LehrerInnen dafür zu sensibilisieren. Erfahrene Lehrkräfte wissen, dass Lernmotivation und Interesse durch die Erfahrung des Kompetenzzuwachses und durch den persönlichen Bedeutungsgehalt des Unterrichtsgegenstandes entstehen, mit dem sich die SchülerInnen im Unterricht auseinandersetzen (Prenzel, 1995).

### **3. SchülerInnenvorstellungen und deren Berücksichtigung**

In diesem Abschnitt soll zunächst ein kurzer Abriss zum Lernenbegriff vorgestellt werden. Anschließend wird geklärt, was man unter dem Begriff SchülerInnenvorstellungen, versteht. Es wird erläutert, wie solche SchülerInnenvorstellungen entstehen und außerdem werden auch Möglichkeiten gezeigt, wie LehrerInnen SchülerInnenvorstellungen begegnen können. Am Ende wird noch der Frage nachgegangen, ob sich die für den Chemieunterricht relevanten Fachinhalte auf einige wenige übergeordnete naturwissenschaftliche Prinzipien zurückführen lassen, die für das Verständnis einzelner chemischer Prozesse wichtig sind.

#### **3.1 Die Lernthorien nach Jean Piaget**

Jean Piaget, ein Schweizer Entwicklungspsychologe, unterscheidet in der intellektuellen Entwicklung generell zwischen vier Hauptstufen. Die erste Stufe bezeichnet er als sensomotorische Stufe. Sie erstreckt sich über die ersten beiden Lebensjahre des Kindes. Die zweite Stufe, die präoperationale Stufe, schreibt Piaget dem dritten bis fünften Lebensjahr des Kindes zu. Vom achten bis zwölften Lebensjahr reicht die dritte Stufe. Piaget bezeichnet sie als konkretoperationale Stufe. In dieser Phase ist es einem Kind möglich, bestimmte Eigenschaften eines Objekts, trotz Veränderungen anderer wahrnehmbarer Merkmale, als konstant zu sehen. Die Stufe der formalen Operationen, die vierte Stufe nach Piaget, beginnt etwa im Alter von elf Jahren. Mit dieser Stufe des formalen Denkens tritt eine Sinnesumkehrung zwischen dem Wirklichen und dem Möglichen ein. Denkopoperationen können in dieser Phase mit abstrakten, nicht mehr tatsächlich vorstellbaren Inhalten durchgeführt werden. (Gage & Berliner,1996)

#### **3.2 Was versteht man unter SchülerInnenvorstellungen?**

Kinder bilden ab ihrer Geburt und gleichzeitig zur Entwicklung ihrer sensomotorischen Fähigkeiten in lange andauernden Prozessen kognitive Erkenntnisstrukturen, mit denen sie in der Lage sind, die Realität und Vorstellungen zu den Phänomenen und Sachverhalten ihrer umgebenden Umwelt zu bewältigen.

Die Art und Weise, wie Wissen in einer Situation aufgebaut wird, beeinflusst auch die Speicherung im Gedächtnis bzw. die Mobilisierung in Anwendungssituationen. Die aktuelle lernpsychologische Forschung betont dabei u. a. die Repräsentation des Wissens in Form mentaler Modelle, die in vielen unterschiedlichen Situationen aufgebaut und ausdifferenziert werden. Sie setzen sich aus Erfahrungen der bisherigen Aneignungsversuche zusammen, die

vom Kind in einen Bedeutungszusammenhang gebracht werden. Neben sprachlichen Begriffen werden ebenfalls visuelle Vorstellungen, welche die Repräsentationen des Wissens darstellen, angewandt. Bei einer festgestellten Unzulänglichkeit des eigenen Erklärungsmodells werden entweder neue Informationen in das Modell integriert oder fundamentale Restrukturierungsprozesse vorgenommen, sodass es zu einem kontinuierlichen Aufbau des Wissens kommt. Sehr häufig werden von SchülerInnen eigenständig entwickelte Vorstellungen als Erklärung für einen beobachteten Vorgang herangezogen. Diese Erklärungen entsprechen nicht immer heute gültigen wissenschaftlichen Modellen. In diesem Fall spricht man von Präkonzepten (Carre.& Ovens, 1994).

Es wird dabei nicht berücksichtigt, dass Kinder durchaus richtig beobachten und für sich selbst eine eigene, meistens intelligente Vorstellungswelt schaffen.

Solche Vorstellungen z. B. zur Verbrennung („Es geht etwas in die Luft“) weisen Elemente der historischen Phlogistontheorie auf. Es ist daher für LehrerInnen sinnvoll, sich die historischen Entwicklungen physikalischer Theorien z. B. die Urstofftheorien der griechischen Philosophenschulen, die Phlogistontheorie oder den „Horror vacui“ und das Teilchenkonzept genauer zu anzusehen.

Es erhebt sich die Frage, ob man SchülerInnen mit dieser Entwicklungsgeschichte im Unterricht konfrontieren soll. Dafür spricht, dass die SchülerInnen feststellen können, dass „ihre Schwierigkeiten“ auch sehr häufig die Probleme großer Denker waren. Aufgrund dieser sympathischen Erkenntnis sind die SchülerInnen eher bereit, ihre Vorstellungen zu überdenken (Barke, 2006):

*„If students were made aware of the misconceptions earlier scientists held as they (students) began the study of an important science concept, perhaps they might find their own misconceptions among them.”*

*“If the teacher compares and contrasts the historical misconceptions with the current scientific explanation, students may be convinced to discard their limited or inappropriate propositions and replace them with modern scientific ones.” (Wandersee, 1985, S. 594)*

SchülerInnen entwickeln ihre Konzepte zu chemischen Vorgängen, zum Beispiel zur Verbrennung, aufgrund vieler Beobachtungen. Diese Vorstellungen, die ohne spezifisches Vorwissen entstanden sind, können deshalb nicht falsch sein und werden aus diesem Grund als alternativ, ursprünglich oder als Präkonzepte bezeichnet. Es ist für LehrerInnen der Naturwissenschaften äußerst wichtig, solche Präkonzepte zu kennen, da der Unterricht diese berücksichtigen sollte.



### 3.3 Was versteht man unter Präkonzepten?

Wenn man NaturwissenschaftlerInnen und NaturphilosophInnen der vergangenen Jahrhunderte vergleicht, die bei ihren Beobachtungen mit Hilfe der Gesetze der Logik ihre Schlüsse zogen, aber sehr selten zusätzliche experimentelle Untersuchungen durchführten, so befinden sich unsere Jugendlichen in bester Gesellschaft.

Wenn Kinder bei der Beschreibung eines Verbrennungsvorganges berichten, dass „etwas“ weggeht und die zurückbleibende Asche leichter als der Ausgangsstoff ist, dann haben sie sehr gut beobachtet und passende Schlüsse gezogen. Aus diesem Grund sind die genannte Vorstellungen nicht als falsch zu bezeichnen, sondern eher als

- Alltagsvorstellungen oder lebensweltliche Vorstellungen
- Ursprüngliche Vorstellungen oder vorwissenschaftliche Vorstellungen
- SchülerInnenvorverständnis oder alternative Vorstellungen
- Präkonzepte

Präkonzepten begegnet man vorwiegend im anfänglichen naturwissenschaftlichen Unterricht wie zum Beispiel im Sachunterricht der Volksschule oder im Einführungsunterricht in den Fächern Physik und Chemie sowie Biologie der 5. bis 8. Schulstufe. Je älter SchülerInnen werden, desto geringer ist der Anteil der Präkonzepte, die für Erklärungen verwendet werden (Barke, 2006)

Man kann die Entstehung von Vorstellungen nicht allein den Überlegungen von SchülerInnen zuschreiben, sondern auch der Vermittlung im Unterricht. Im Gegensatz zu den Präkonzepten können Vermittlungsungenauigkeiten, die im Unterricht stattgefunden haben, vermieden werden, indem sich LehrerInnen entsprechend fortbilden bzw. den Unterricht so gestalten, dass Alltagsvorstellungen nachhaltig überwunden werden können, indem bestimmte traditionelle Irrwege vermieden, andere Begriffsdefinitionen eingesetzt, bessere und überzeugendere Experimente im Unterricht verwendet, sowie Modelle und neue Medien angewandt werden (Barke, 2006).

Es ist auch zu beachten, dass Alltagsphantasien als eine besondere Form von Alltagsvorstellungen, fachliches Lernen beeinflussen. Deren explizite Reflexion sollte sinnvoll ins fachliche Lernen eingebunden werden. Diese Einbeziehung dieser personennahen und fächerübergreifenden Vorstellungen bei der didaktischen Strukturierung von Unterrichtsprozessen zeigt, dass Lernprozesse nicht allein durch fachliche Vorstellungen bestimmt werden (Gebhard, 2007). Auch die Vorstellungen, die über die fachliche Ebene

hinausgehen, nehmen auf das Unterrichts- und Lerngeschehen Einfluss (Akerson, Abd-El-Khalick und Lederman, 2000).

Bevor wichtige Sachverhalte aus der Chemie systematisch erschlossen werden können, soll noch ein Beispiel für ein Präkonzept bei Kindern exemplarisch vorgestellt werden. Diese Vorstellung wurde sehr oft in Untersuchungen erhoben und ist, unabhängig vom Erhebungsort, bei Kindern der gleichen Altersgruppe, in diesem Fall 4. Klasse Primarstufe, nahezu ident.

### **3.3.1 Wasserlacke und Sonnenstrahl**

Fragt man Kinder im Volksschulalter, wohin das Wasser einer Lacke an einem sonnigen Tag verschwindet, erhält man häufig die Antwort, die Sonne hätte es aufgesogen und damit sei es verschwunden. LehrerInnen - so haben Befragungen ergeben - finden diese Vorstellung ansprechend und hinterfragen sie aus diesem Grund auch nicht. Das bedeutet, dass die SchülerInnen ihre „Sonnenstrahltheorie“ in den zukünftigen Unterricht mitbringen. (Barke, 2006)

*Barke (2006) meint hierzu: „ Würde man experimentell das Verdampfen von Wasser und das anschließende Kondensieren des Wasserdampfs zu flüssigem Wasser zeigen, dann wäre ein Grundstein zur gültigen Vorstellung gelegt.“ Weiters sagt er: „Führt man die Teilchenvorstellung ein und Modellvorstellungen von der zunehmenden Bewegung kleinster Wasser-Teilchen bei der Zufuhr von Wärmeenergie, dann würden Kinder bzw. Jugendliche noch besser verstehen, dass die kleinsten Teilchen des Wassers sich mit denen der Luft vermischen und somit erhalten bleiben, dass Teilchenbewegung und Diffusion energiereicher Teilchen für das Verdunsten von Wasser verantwortlich sind“ (Barke, 2006, S. 24)*

Mit diesem Wissen können SchülerInnen zu der wissenschaftlicheren Erhaltungsvorstellung hingeleitet werden, denn diese hat auch bei chemischen Reaktionen und bei Verbrennungsvorgängen Gültigkeit. Dennoch ist es wichtig, dass SchülerInnen die Gelegenheit haben ihre präkonzeptionellen Vorstellungen in Beziehung zu den Erkenntnissen zu bringen. So leiten wir im Sinne Piagets (1969) einen erfolgreichen Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht ein (Barke, 2006).

### 3.4 Hausgemachte SchülerInnenvorstellungen

Im Chemieunterricht ist es üblich, eine scheinbar klare Trennlinie zwischen physikalischen und chemischen Prozessen zu ziehen. Ein häufig gezeigter Einstiegsversuch zur Unterscheidung von chemischen und physikalischen Vorgängen ist die Bildung von Metallsulfiden aus den Elementen. Bei dieser Reaktion wird unter Freiwerden von Energie ein neuer Stoff gebildet, wodurch die Kriterien einer chemischen Reaktion veranschaulicht werden. Zur Demonstration von physikalischen Vorgängen werden Substanzen wie Salze oder Zucker in Wasser gelöst. Diese Lösungen lassen sich durch physikalische Trennmethode wieder auf ihre ursprüngliche Substanzen zurückführen (Barke, 2006).

Es erhebt sich die Frage, ob diese Trennung zwischen chemischen und physikalischen Vorgängen zielführend ist. Betrachtet man hierzu das Lösen von Natriumhydroxid in wenig Wasser, wo sich unter starker Wärmeentwicklung eine farblose Lösung mit hohem pH-Wert bildet, die zudem noch den elektrischen Strom leitet, so könnten aufmerksame SchülerInnen anmerken, dass es sich hier um einen neuen Stoff handelt und die Wärmeentwicklung auf eine exotherme Reaktion hindeutet. Daraus kann man ersehen, dass die Einteilung in chemische und physikalische Vorgänge nicht sinnvoll ist, denn es entstehen zwangsläufig unangemessene Vorstellungen (Barke, 2006).

Sehr oft hört man zu chemischen Verbindungen, die bestimmte Elemente „enthalten sollen“, Aussagen wie: „Wasser ist zusammengesetzt aus Wasserstoff und Sauerstoff.“ Solche Formulierungen sind aus einer Zeit überliefert, als man Analysen machte, weil man wissen wollte, welche Elemente am Aufbau einer Verbindung beteiligt sind.

*Barke (2006) meint hierzu: „Eingeweihte durchschauen diese Sprechweise durchaus - bei Novizen erzeugt sie allerdings hausgemachte Fehlvorstellungen: Jugendliche würden sich in der blauschwarzen Substanz mit dem Namen Kupfersulfid die Feststoffe Kupfer und Schwefel vorstellen - zumal Experimente zeigen, dass man die Elemente aus den Verbindungen gewinnen kann. Besser wäre es für den Anfangsunterricht, darauf zu verweisen, dass aus Metall und Schwefel das jeweilige Metallsulfid herzustellen ist oder aus der Verbindung die Elemente wieder zu gewinnen sind. Liegen später Atom- bzw. Ionenbegriff vor, können die Aussagen darauf hin erweitert werden, dass entsprechende Atome oder Ionen in der Verbindung enthalten sind, in spezieller Weise untereinander verknüpft vorliegen und sich in einer bestimmten räumlichen Struktur anordnen“ (Barke, 2006, S. 26)*

Diese Beispiele zeigen sehr klar, dass ein paar Unterrichtsstunden zu wenig sind, um die Komplexität dieser Zusammenhänge nachvollziehbar zu machen. So würden zwangsläufig hausgemachte SchülerInnenvorstellungen entstehen (Barke, 2006).

Damit SchülerInnen das Thema „Chemische Bindungen“ in seiner Gesamtheit erfassen können, müssen alle Bindungstypen gleichwertig behandelt werden. Nimmt man sich die dafür notwendige Zeit nicht, kann es passieren, dass auf die Frage, welche Teilchen in einem calciumchloridhaltigen Mineralwasser sind, der Lehrer/ die Lehrerin in vielen Fällen die folgende Antwort erhält: „Cl-Ca-Cl Moleküle“. Aufgrund des Unterrichts wurden in diesem Fall Vorstellungen erzeugt, die nicht den Tatsachen entsprechen weil möglicherweise der Themenbereich „Ionengitter“ nicht gleichwertig behandelt wurde (Barke, 2006).

Solche Sachverhalte sollten unbedingt bei der Erstellung von Unterrichtsplanungen bedacht werden, damit SchülerInnenvorstellungen berücksichtigt und bearbeitet werden können.

### **3.5 Unterrichtspraxis zur Vermittlung angemessener Vorstellungen**

Piaget (1969) war schon der Meinung, wenn ungenaue Vorstellungen nicht ausdrücklich abgebaut werden, dann können auch keine neuen tragfähigen Vorstellungen erworben werden. Es ist zweifellos sehr wichtig, dass LehrerInnen die Vorstellungen ihrer SchülerInnen kennen bzw. zu einer bestimmten Thematik ermitteln müssen, ehe eine erfolgreiche Verbindung von den ursprünglichen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Vorstellungen geschaffen werden kann. Es sollte daher ein sehr wichtiges Ziel des Vermittlungsprozess von LehrerInnen sein, dass SchülerInnen z. B. in Unterrichtsgesprächen bei Erklärungsversuchen neuer Inhalte sich der Widersprüche ihrer Vorstellungswelt zu aktuellen wissenschaftlichen Deutungen bewusst werden. SchülerInnen können durch so eine Vorgehensweise motiviert werden, ihre Widersprüche überwinden zu wollen. Erst wenn sie erkannt haben, dass sie mit ihren eigenen Erklärungen nicht weiterkommen, sind sie bereit, den Unterricht ihrer LehrerInnen nachzuvollziehen und damit auch neue Denkstrukturen aufzubauen. Barke (2006) ist der Meinung, dass ein Unterricht, der vorhandene Erfahrungen und Vorstellungen nicht berücksichtigt, dazu führt, dass SchülerInnen oft nur wenig vom Inhalt verstanden haben und in Prüfungssituationen das Gelernte unreflektiert wiedergeben und im Anschluss wieder vergessen.

Alte Vorstellungen werden wieder aktiviert (Barke, 2006).

*Für den Vermittlungsprozess ist es deshalb wichtig, dass im Zusammenhang mit dem Entwicklungsstand der Schüler reflektiert wird über:*

- *vorhandene Widersprüche innerhalb eigener Erklärungen der Schüler und Schülerinnen,*
- *Widersprüche zwischen Präkonzepten und wissenschaftlichen Vorstellungen,*
- *Widersprüche zu vorläufigen und sachgerechten Erklärungen experimenteller Phänomene,*
- *Möglichkeiten zum Aufbau ursprünglicher Schülervorstellungen,*
- *Möglichkeiten zum Aufbau tragfähiger und fachgerechter Beschreibungen*

(Barke, 2006, S. 27)

Nach Piagets (1969) konstruktivistischen Theorien lässt sich der Übertritt von ursprünglichen zu wissenschaftlichen Vorstellungen nur überwinden wenn:

- *Individuen die Gelegenheit gegeben wird, eigene Lernstrukturen individuell aufzubauen,*
- *Aktivität und Eigentätigkeit jedes Lernenden im Unterricht gegeben ist,*
- *ein „conceptual growth“ stattfindet (entsprechend der Assimilation nach Piaget), oder gar*
- *ein „conceptual change“ (entsprechend der Akkomodation, nach Piaget)*

(Barke, 2006, S. 28).

Zurück zum Beispiel der Wasserlacke an einem heißen Sommertag (s. Kap. 3.1.1). Ist es bei SchülerInnen zu einer Verinnerlichung der naiven Vorstellung gekommen, dass ein „Sonnenstrahl die Wasserlacke aufsaugt“, dann wird es ihnen sehr schwer fallen, sich von diesem Bild zu lösen. Auch wenn der/ die Lehrer/ Lehrerin die Teilchentheorie ausführlichst erklärt und diese von den SchülerInnen verstanden wurde, ist nicht gewährleistet, dass die SchülerInnen das neu erworbene Wissen auf das „Verschwinden einer Wasserlacke“ übertragen und gegen die „Saugtheorie der Sonne“ eintauschen. Für SchülerInnen ist es eine große intellektuelle Leistung, sich von erworbenen Erklärungsmustern abzuwenden und die neue Idee zu übernehmen. Die SchülerInnen werden einen „conceptual change“ vollziehen

müssen. Um das zu erreichen, ist es von besonderer Wichtigkeit, dass SchülerInnen die Gelegenheit haben, im handlungsorientierten Chemieunterricht Experimente zur Teilchenbewegung (z. B. eine Petrischale mit Erbsen) durchzuführen (Barke, 2006).

Um die individuellen SchülerInnenvorstellungen zu erfassen und den nachfolgenden geeigneten Unterricht hinsichtlich des „conceptual growth“ zu planen, schlägt Keith Taber das Bild eines „Learning Doctors“ vor:

- Diagnose der jeweiligen Ursache für das nicht erreichte Lernziel herausfinden und
- diese Informationen nutzen, um geeignete Maßnahmen zu entwickeln, um den gewünschten Lernerfolg zu erreichen.

Dies könnte eine Metapher für einen Teil der LehrerInnenrolle sein. Ähnlich wie Ärzte, müssen LehrerInnen individuell auf die Lernenden eingehen (Taber, 2002).

### **3.6 SchülerInnenvorstellungen und Umgangssprache**

LehrerInnen müssen damit rechnen, dass im Chemieunterricht neu erworbene Erkenntnisse noch nicht ausreichend gefestigt sind. Die SchülerInnen können im Alltag in Gesprächen im Bekanntenkreis über naturwissenschaftliche Themen verunsichert werden, weil die Alltagssprache neu erworbenen Modellen entgegenwirkt. So werden sie weiterhin mit Sätzen wie „Der Brennstoff ist weg.“, oder „Flecken müssen entfernt werden.“ oder „Der Strom wird verbraucht.“ konfrontiert und geraten damit in Konflikt mit dem im Unterricht erworbenen Wissen über den Erhaltungssatz. Die neuen Vorstellungen sollen daher in Unterrichtssituationen angewandt und vertieft werden, um ihre feste Verwurzelung bei den SchülerInnen zu erreichen. Ziel wäre, dass SchülerInnen die Alltagssprache reflektieren und ihre neuen Erkenntnisse auch einen Niederschlag in Gesprächen im privaten Umfeld finden. Dieses Reflektieren heißt ja nichts anderes als ein Infragestellen des Althergebrachten und somit würden SchülerInnen auch die Kompetenz der Kritikfähigkeit erwerben, ein gesellschaftlich gefordertes Unterrichtsziel.

*„Eine solche Kompetenz könnte dann einen positiven Einfluss auf die Gesellschaft ausüben, indem naturwissenschaftliche Sachverhalte nicht in der üblichen Umgangssprache, sondern von Jugendlichen in der erlernten Fachsprache angemessen beschrieben und zutreffend weitergegeben werden.“ (Barke, 2006, S. 29)*

Ein Augenmerk muss auf Medien und Werbung gelegt werden. Die Sprache in den Medien, vor allem in den Werbespots, wirkt dem neu erworbenen Wissen entgegen, indem sie naturwissenschaftliche Inhalte in alltagssprachlicher Manier sehr vereinfacht darstellt.

Außerdem wird die Vorstellungswelt der SchülerInnen erschüttert, weil im Rahmen von Umweltdiskussionen Chemie und Technik als Übeltäter dargestellt werden. Die Kritikfähigkeit der SchülerInnen kann erreicht werden, indem sachgerechter naturwissenschaftlicher Unterricht stattfindet (Barke, 2006).

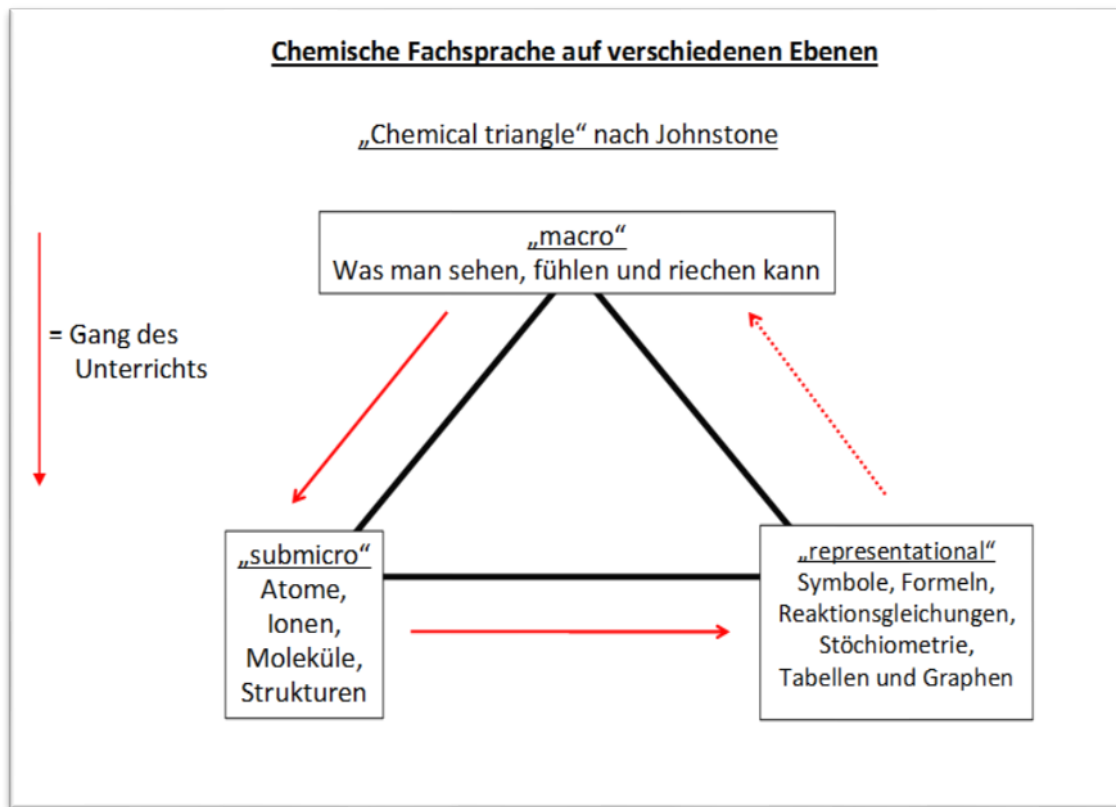
### 3.7 Einführung einer chemische Fachsprache

*„Hausgemachte Fehlvorstellungen entstehen auch vielfach dadurch, dass der Modellbegriff nicht klar ist und die Fachsprache hinsichtlich der Stoffe, der Teilchen und der chemischen Symbole nicht angemessen differenziert wird. Wird etwa die Neutralisation ausschließlich durch die übliche Reaktionsgleichung,  $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  beschrieben, so haben die Schüler keine Chance, eine Modellvorstellung zu entwickeln, die von den Ionen als kleinste Teilchen bei der Reaktion ausgeht. Meist äußern sie bei Befragungen Vorstellungen von HCl-Molekülen und NaOH-Molekülen, die der Neutralisationsreaktion zugrunde liegen. Würde man von beiden Ionenarten in der Salzsäure und in der Natronlauge sprechen und sie sogar in Form von Modellzeichnungen anbieten, dann könnten die Jugendlichen eine Fachsprache auf der Ebene der Ionenvorstellung entwickeln, die sachlich angemessen ist und die Interpretation der oben angegebenen Reaktionsgleichung mit Hilfe der Symbole beteiligter Ionen zulassen würde“ (Barke, 2006, S. 30)*

Johnstone erläutert diesen Zusammenhang mit einem symbolischen Dreieck:

*„We have three levels of thought: the macro and tangible, the sub micro atomic and molecular, and the representational use of symbols and mathematics. It is psychological folly to introduce learners to ideas at all three levels simultaneously. Herein lies the origins of many misconceptions. The trained chemist can keep these three in balance, but not the learner“ (Johnstone (1991) in Barke 2006, S. 30)*

Im Chemieunterricht der Sekundarstufe 1 findet die Überleitung von der makroskopischen Ebene auf die symbolische Ebene statt. Das ist eine schwierige Phase, in der oft nicht angemessene Vorstellungen bei SchülerInnen entstehen: Lernende stehen oft vor dem Problem beide Ebenen zusammen zu führen. In vielen Fällen bleiben sie allein, wenn sie Vorstellungen zur submikroskopischen Ebene entwickeln.



**Abb. 1:** „Chemical Triangle“ nach Johnstone (1991) in Barke (2006), S. 31

Präkonzepten zum erwähnten Neutralisationsbeispiel kann entgegen gewirkt werden, indem LehrerInnen, nach dem Lehrerversuch, sich mit ihren Modellbeschreibungen zurückhalten und vorerst einmal die SchülerInnen auf der Ebene des Macro-Levels diskutieren lassen. Im Anschluss an diese Diskussion müssen dann die LehrerInnen auf der Ebene des Submicro-Levels sehr wohl Fragen der SchülerInnen in der korrekten Fachsprache beantworten. Unterstützend sollten Modellzeichnungen von hydratisierten Ionen in der Salzsäure und der Natronlauge angeboten werden. Der Repräsentations-Level beschreitet man erst, nachdem die Reaktion der  $H^+_{(aq)}$ -Ionen mit den  $OH^-_{(aq)}$ -Ionen zu  $H_2O$ -Molekülen behandelt worden ist.

Im folgenden Abschnitt soll auf die Frage eingegangen werden, ob sich relevante Fachinhalte, wie sie im Chemieunterricht vorgesehen sind, auf einige zentrale Prinzipien eingrenzen lassen.

### **3.8 Basiskonzepte für einen modernen Chemieunterricht**

Barke (2006) stellt sich die Frage, ob für das Verständnis einzelner chemischer Vorgänge dienlich ist, wenn man nur wenige übergeordnete Prinzipien oder naturwissenschaftliche Theminen einführt. In diesbezüglichen Diskussionen mit FachwissenschaftlerInnen, FachdidaktikerInnen und LehrerInnen kristallisierte sich heraus, dass wenige elementare



Prinzipien ausreichen um ein chemische Verständnis zu erlangen. Die Themenbereiche, die für das Verstehen von Chemie grundlegend sind, werden auch als Basiskonzepte bezeichnet. Auf folgende Bereiche einigten sich oben genannte Personen:

- Stoffe und Eigenschaften
- Teilchenkonzept
- Struktur- Eigenschafts- Beziehungen
- Chemisches Gleichgewicht
- Donator-Akzeptor-Prinzip
- Energie

*Da sich erste ursprüngliche Schülervorstellungen auch ohne ein Teilchenkonzept entwickeln, soll das Basiskonzept Stoff-Teilchen-Konzept in zwei Konzepte, nämlich Stoffe und Eigenschaften und in Teilchenkonzept gesplittet werden. (Barke, 2006, S. 32)*

Alle Basiskonzepte vorzustellen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Aus diesem Grund werden nur zwei Bereiche, nämlich Stoffe und Eigenschaften und das Teilchenkonzept besprochen. Diese Themen wurden deshalb ausgewählt, weil sie im Basisstoff des Anfangsunterrichts enthalten sind und für das weitere Verständnis grundlegend sind. Aus diesen beiden Konzepten werden im folgenden Abschnitt wiederum nur ausgewählte Themen vorgestellt.

## 4. Untersuchungen zu SchülerInnenvorstellungen

Im Folgenden werden Untersuchungen zu SchülerInnenvorstellungen im Unterrichtsfach Chemie, die von 1981 bis 1998, vor allem im englischsprachigen Raum sehr intensiv betrieben wurden, vorgestellt. Es soll gezeigt werden, dass Präkonzepte weit verbreitet sind. Weiters sollen Möglichkeiten gezeigt werden, wie der Unterricht gestaltet werden kann, um vorhandene SchülerInnenvorstellungen zu berücksichtigen. Es wird auf die Themenbereiche „Teilchenkonzept“ und „Änderung der Aggregatzustände“ eingegangen. Hierzu habe ich ab dem Abschnitt 4.1.2 zu den jeweiligen Themen eine Sachanalyse erstellt. Außerdem werden dazu passende Versuche vorgeschlagen.

### 4.1 Untersuchungen zu SchülerInnenvorstellungen am Beispiel Aggregatzustände

Präkonzepte von SchülerInnen prägen als sogenanntes Vorwissen ganz entscheidend sowohl den schulischen als auch den außerschulischen Lernprozess von SchülerInnen. Sie bestimmen, welche Informationen aus dem Unterricht der Lernenden verarbeitet werden und welche Verknüpfungen Lernende zwischen den neuen Informationen und den vorhandenen Kenntnissen herstellen. Aus der Sicht der Informationsverarbeitung wird problemlösendes Lernen, also eine Lernform bei der zunächst ein Problem im Vordergrund steht für das die Lernenden weitgehend selbstständig eine Lösung finden sollen, durch drei Komponenten bestimmt:

- durch das informationsverarbeitende System, also die ProblemlöserInnen
- durch das objektive Aufgabenfeld,
- durch den subjektiven Problemraum, d. h. das Aufgabenumfeld aus der Sicht der ProblemlöserInnen

Diese Komponenten stehen miteinander in Wechselwirkung:

- ProblemlöserInnen repräsentieren das Aufgabenfeld als Problemraum, in dem das Problemlösen stattfindet.
- Die Struktur des Aufgabenfelds bestimmt die möglichen Strukturen des Problemraums.
- Die Struktur des Problemraums bestimmt die möglichen Problemlösungsstrategien.

Der Erfolg beim Problemlösen hängt davon ab, ob es eine Übereinstimmung zwischen dem Aufgabenfeld und dem Problemraum gibt. Der Aufbau der gestellten Aufgaben ist für alle SchülerInnen gleich. Das Vorwissen der einzelnen SchülerInnen ist jedoch sehr unterschiedlich. Bedingt durch die unterschiedlichen Voraussetzungen ist auch der Problemraum für die SchülerInnen individuell, wodurch vorhandene Alltagsvorstellungen wiederum ihre Wirkung zeigen (Sumfleth, 1992).

Eine problemorientierte Lernumgebung sollte Lernenden die Möglichkeit geben, Lernen als selbstgesteuerten, situativen und sozialen Prozess zu erleben. Hierbei ist es die Aufgabe von Lehrenden, SchülerInnen anzuregen, zu unterstützen, anzuleiten und zu erklären. Es sollte darauf geachtet, dass die gestellten Aufgaben authentisch und aktuell sind, sowie neugierig oder betroffen machen. Sind diese Bedingungen erfüllt, dann können SchülerInnen dazu motiviert werden sich neues Wissen und Fertigkeiten anzueignen bzw. wird dadurch auch ein hoher Anwendungsbezug gesichert.

Damit eine geeignete Lernumgebung geschaffen werden kann, muss man zunächst wissen, mit welchen Vorstellungen SchülerInnen in den Unterricht kommen. Im Folgenden werden Untersuchungsergebnisse zu den Aggregatzuständen vorgestellt.

Kinder haben oft eine unwissenschaftliche Vorstellung von Materie. Die direkte Erfahrung mit alltäglichen Dingen führt Kinder zu der Vorstellung, dass die Materie in nur drei Zuständen (fest, flüssig und gasförmig) vorkommt (Hayes, 1979).

Stavy und Stachel (1985) erarbeiteten Konzepte über die Begriffe "fest" und "flüssig" bei Kindern im Alter zwischen 5 und 12 Jahren und fanden Anzeichen die Hayes Sichtweise unterstützen.

Diese ForscherInnen fanden heraus, dass 50% der 12 bis 13-jährigen Substanzen wie Zucker, Teig oder Sand nicht zu den harten Feststoffen wie Kreide, Münzen und Glas zuordneten.

Stavy und Stachel schlossen daraus, dass:

*„... für Schüler ein Feststoff schwieriger zu erkennen ist, wenn er sich in seiner Struktur leicht verändern lässt“ (Stavy & Stachel, 1985).*

Wasser ist die Standardflüssigkeit, die mit anderen möglichen Flüssigkeiten verglichen wird. Kinder stellen fest, dass rieselfähige Pulver ähnliche Eigenschaften wie Flüssigkeiten haben, jedoch kein Gefühl von Nässe produzieren. Stavy und Stachel haben festgestellt, dass Kinder Flüssigkeiten viel eher im Stande sind richtig einzustufen als Feststoffe, vor allem dann, wenn sie pulverförmig sind. Das liegt Möglicherweise daran, dass Flüssigkeiten weniger vielfältig in ihren physikalischen Eigenschaften sind als Feststoffe (Stavy & Stachel, 1985).

Bis zum Alter von etwa 14 Jahren verlassen sich Jugendliche scheinbar ausschließlich auf sensorische Informationen, wenn sie über die Materie sprechen. Abstrakte Ideen, wie zum Beispiel Vorstellungen über Teilchen, werden nicht ohne weiteres benutzt, um korrekte Antworten zu geben, wenn sie zu den Eigenschaften der Materie befragt werden. So denken Kinder weiterhin, dass die Stoffe kontinuierlich sind. Millar (1989) ist der Meinung, dass Kinder deswegen keine neuen Vorstellungen über die Materie gebrauchen, weil ihre eigenen, bisher verwendeten Theorien, perfekt funktioniert haben. Wenn LehrerInnen die Vorstellungen von SchülerInnen ändern wollen, dann müssen sie auf diesem Wissen aufbauen.

#### **4.1.1 SchülerInnenvorstellungen zum Thema „Gase“**

Der Themenbereich Gase verursacht bei SchülerInnen besondere Schwierigkeiten im Verständnis, daher möchte ich dieses Kapitel zuerst behandeln. Weil die meisten Gase, genauso wie Luft, unsichtbar sind, ist Stavy (1988) der Meinung, dass diese Vorstellung der Unsichtbarkeit die Bildung eines wissenschaftlich anerkannten Konzeptes über Gase verhindert. Dieser Tatsache habe der Unterricht Rechnung zu tragen, damit SchülerInnen das notwendige Wissen über die Gaseigenschaften erwerben können. Stavy weist darauf hin, dass Kinder die Eigenschaften von Feststoffen und Flüssigkeiten intuitiv lernen, Gase in ihren Ausführungen jedoch nicht vorkommen.

Séré (1986) untersuchte die Ideen 11-Jähriger zum Thema Gase, bevor diese entsprechenden Unterricht erhielten. Dabei wurde herausgefunden, dass die SchülerInnen Gase vor allem mit der Nutzung und Funktion von Objekten, wie Fußbälle, Reifen und Saugern in Verbindung bringen. Ausdrücke wie „Warme Luft steigt“ (jedoch nicht „Kalte Luft sinkt nach unten“) und „Luft befindet sich überall“ waren an der Tagesordnung. Auch wurde Luft häufig als lebendig beschrieben, „Luft will sich überall ausbreiten“ Diese Ideen könnten dadurch entstehen, dass die Kinder dies mit der Erfahrung von Wind verbinden, mit Luft, die um das Haus herum weht (Séré, 1986).

Wenn man in die Geschichte der Naturwissenschaften zurückblickt, stellt man fest, dass viele ExpertInnen vergangener Jahrhunderte weder die Luft als Substanz erfassten noch unterschieden sie andere farblose Gase von der Luft. Da die Luft uns ständig scheinbar schwerelos umgibt und warme Luft bekanntermaßen sogar nach oben steigt, haben Luftportionen in der Vorstellung von Kindern keine Masse. Luft wird aus diesem Grund nicht als Substanz gesehen. Viele falsche Vorstellungen bezüglich der Gase werden aus der Alltagssprache übernommen.

Hier einige Beispiele:

- „Frische Luft ist „gute“ Luft, es gibt „schlechte“ Luft, Luft ohne Sauerstoff ist „schlecht“.
- Ein Kamin braucht „Zuluft“ und „Abluft“, Autos geben „Abgase“ an die Luft ab.
- Farblose Gase sind „Luft“ oder luftähnlich, Wasser verdunstet „zu Luft“.
- Gase sind brennbar, sind zum Kochen und Heizen da.
- Gase sind gefährlich, explosiv, giftig.
- Gase sind „flüssig“, in Feuerzeugen befindet sich „Flüssiggas“.

(Weerda, 1981)

Auf die Frage: „Was verstehst du unter einem Gas?“, findet auch Voss (1998) bei seinen Befragungen von Jugendlichen in den Schulstufen 7 – 10 ähnliche Assoziationen:

- Gase sind unsichtbar, man kann sie nicht schmecken.
- Gas braucht man, um ein Feuerzeug zum Brennen zu bringen.
- Gas brennt sehr gut, es wird in der Chemie zum Erhitzen von Stoffen benutzt.
- Wenn Feuer an ein Gas kommt, dann explodiert der Behälter, in dem sich das Gas befindet.
- Gas ist nicht so gesund, man atmet immer ein bisschen Gas ein.
- Gase sind meist gefährlicher als feste Stoffe.
- Gase sind unsichtbar und in der Luft enthalten.
- Gase sind flüssig, in einem Feuerzeug ist flüssiges Gas, Gase können flüssig auftreten.
- Es gibt schweres und leichtes Gas: Kohlenstoffdioxid und Helium.
- Gas ist leichter als eine feste Substanz, es kann überall hin schweben und vordringen.

(Voss, 1998)

Obwohl SchülerInnen in der Regel in ihrem Unterricht viel über Gase gehört und teilweise auch selbst damit experimentiert haben und die Aggregatzustände bekannt sind, erkennt man an den Antworten, dass wissenschaftlich angemessene Inhalte kaum verinnerlicht werden.

Im Unterricht ist es deshalb sehr wichtig zu veranschaulichen, dass zum einen die Luft eine Substanz ist, und zum anderen sollte man Luft von den vielen anderen farblosen Gasen abgrenzen, die nicht nur in der Luft als Gasgemisch vorhanden sind und im Alltag eine wichtige Rolle spielen. Gerade weil viele Gase farblos und geruchlos sind, müssen wiederum geeignete Experimente durchgeführt werden, um überzeugend zu sein.

An der PTS sind die Unterrichtsfächer Physik und Chemie in einem gemeinsamen Fach, welches sich Technisches Seminar, nennt zusammengefasst. Im Lehrplan wird zwischen Kernbereich und Erweiterungsbereich unterschieden:

*Kernbereich:*

*Angewandte Physik:*

*...Grundkenntnisse flüssiger und gasförmiger Körper wie Aggregatzustände...*

*Angewandte Chemie und Umwelttechnik:*

*Chemische Stoffe (Gemenge, Verbindung, Reinstoff). Chemische und physikalische*

*Trennverfahren. Chemische Grundkenntnisse für die Fachbereiche.*

*Aufbau der Materie: Atomaufbau, Atommodelle, Periodensystem...*

*Erweiterungsbereich:*

*Chemie: Stöchiometrische Gesetze und einfache Berechnungen, Energieverhältnisse chemischer Reaktionen, Redoxreaktionen, Inerte Gase (Lehrplan der PTS, 2008, S. 36).*

Da auf der 7. und 8. Schulstufe schon ein Chemie- bzw. Physikunterricht stattgefunden hat, besteht die Möglichkeit, auf dem vorhandenen Wissen aufzubauen.

#### **4.1.2 Sachanalyse zum Thema „Gase“**

Im Folgenden wird das Unterrichtsthema Gase näher betrachtet. In einer kurzen Sachanalyse werden die wichtigsten Eckpunkte erläutert. Anschließend wird ein Ausschnitt von möglichen Versuchen vorgestellt.

Zur Veranschaulichung, dass man auch Gase wiegen kann, ist es sehr eindrucksvoll, flüssigen Stickstoff zu präsentieren. Den flüssigen Stickstoff kann man sich in der Regel von den Anbietern (z. B. die Firma Linde) in die Schule zustellen lassen. Unter anderem kann man den flüssigen Stickstoff auch dazu verwenden, andere Gase, z. B. Sauerstoff aus der Stahlflasche oder Methan, zu verflüssigen. Ein anschließendes Lehrer-SchülerInnengespräch wird ergeben, dass Temperatur und Druck maßgeblich sind, ob ein Stoff fest, flüssig oder gasförmig ist. Bei

Zimmertemperatur und Normaldruck ist den SchülerInnen bekannt, dass Luft ein gasförmiges Stoffgemisch ist (siehe Versuch 1, S. 32) (Barke, 2006).

Masse und Dichte von Luft kann man SchülerInnen schnell und plausibel veranschaulichen. Eine evakuierte Glaskugel wird auf einer sehr genauen Waage gewogen, anschließend wird sie mit 100 ml Luft gefüllt und nochmals gewogen. Man wird eine Massendifferenz von 0,13 feststellen. Dies lässt sich auch bei fehlender Wasserstrahlpumpe oder Kompressor demonstrieren, indem man 100 ml eines beliebigen Gases zur vorhanden Luft in eine Glaskugel presst und anschließend wiegt. Genau so lassen sich die Dichten von weiteren Gasen ermitteln. In diesem Zusammenhang erfahren die SchülerInnen auch, dass man die Dichten von Gasen in g/l angibt (siehe Versuch 2, S. 32), (Barke, 2006).

Neben Gasen wie Sauerstoff, Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid können auch Wasserstoff, Butan oder Methan als Beispiele für brennbare Gase demonstriert werden. Zur Differenzierung dieser Gase verwendet man einen brennenden oder glimmenden Holzspan. Bekannterweise ersticken sowohl Stickstoff als auch Kohlenstoffdioxid eine Flamme. Zur Unterscheidung dieser beiden Gase bietet sich u. a. der Kalkwassertest an (siehe Versuch 3, S. 33) (Barke, 2006).

Zu diesem Themenbereich gehört auch Sauerstoffgehalt der Luft von ca. 20 Vol%. Hierfür eignet sich die Demonstration der Oxidation von Eisenwolle. Das dabei entstandene Eisenoxid hat den in Überschuss vorhandenen Sauerstoff gebunden und daher aus der Apparatur entfernt (siehe Versuch 4, S. 35) (Barke, 2006).

Die Präkonzepte unserer SchülerInnen sind im Unterricht immer wieder zu thematisieren. Die Jugendlichen werden aufgefordert ihre individuellen Interpretationen vorzustellen. Um die SchülerInnen dazu zu bringen, zu bestimmten Sachverhalten wissenschaftlich zu argumentieren, liegt es an den LehrerInnen, entsprechende Experimente vorzuführen. Eine noch effektivere Methode ist es, wenn man SchülerInnen den Raum bietet, zu experimentieren und die Ergebnisse zu evaluieren. Durch das selbständige Tun können die SchülerInnen den Erklärungen der LehrerInnen besser folgen und sind eher bereit, ihre Präkonzepte zu hinterfragen und eventuell durch wissenschaftliche Vorstellungen zu ersetzen. Um den Unterrichtsertrag zu sichern, wird es immer wieder notwendig sein, über die Vorstellungen zu diskutieren und explizit zu reflektieren und in die Auswertung neuer Erscheinungen oder Experimente wieder aufzunehmen und somit zu festigen. In dieser Weise gelingt es uns, die neuen Vorstellungen in die kognitiven Strukturen unserer Jugendlichen zu implementieren (Barke, 2006).

## **Versuch 1: Flüssiger Stickstoff, Verflüssigung von Sauerstoff aus einer Stahlgasflasche**

**Problem:** SchülerInnen wissen u. a. aus anderen Unterrichtsfächern, dass die Erde eine Lufthülle besitzt. SchülerInnen haben damit Schwierigkeiten sich die Luft als raumfüllenden Stoff vorzustellen. Sauerstoff ist für die meisten SchülerInnen ein geruch- und geschmackloses, unsichtbares Gas. In diesem Versuch haben die Kinder die Gelegenheit, den Sauerstoff als Flüssigkeit kennenzulernen. Im Anschluss an diesen Versuch kann man darauf hinweisen, dass Faktoren wie Druck und Temperatur entscheidend dafür sind, ob ein Stoff fest, flüssig oder gasförmig ist.

**Material:** Flüssiger Stickstoff, Dewar-Gefäß, Reagenzglas, Stahlflasche mit Sauerstoff,

**Durchführung:** Der flüssige Stickstoff wird in das Dewar-Gefäß gefüllt. Anschließend wartet man ab, bis der Stickstoff nicht mehr so heftig siedet. Das Reagenzglas wird in das Dewar-Gefäß eingetaucht und wieder wird abgewartet, bis das Reagenzglas abgekühlt ist. Anschließend leitet man den Sauerstoff aus der Gasflasche in das Reagenzglas.

**Beobachtung:** Es bildet sich allmählich eine bläulich schimmernde Flüssigkeit ➔ flüssiger Sauerstoff. Zum Nachweis kann man einen glimmenden Holzspan in das Reagenzglas eintauchen ➔ Holzspan leuchtet beim Eintauchen hell auf.

**Hinweis:** Im Wiener Bereich bzw. in Niederösterreich liefert die Firma Linde den flüssigen Stickstoff mitsamt dem Dewargefäß (Barke, 2006).

## **Versuch 2: Dichte von Luft und Kohlenstoffdioxid**

**Problem:** SchülerInnen haben Probleme, die Luft als einen Stoff mit messbarer Dichte als Stoffeigenschaft zu charakterisieren. Die Dichte soll in diesem Versuch bestimmt und mit einem anderen Gas verglichen werden. In diesem Zusammenhang haben LehrerInnen die Möglichkeit den Luftdruck zu diskutieren, der sich aufgrund der Dichteänderung der Luft bei zunehmender Höhe über dem Meeresspiegel ändert (Barke, 2006).

**Material:** Analysewaage, Glaskugel mit Hahn, Kolbenprober, Wasserstrahlpumpe oder Laborkompressor, Schlauch, Kohlenstoffdioxid.

**Durchführung:** Der Kolben wird mit genau 100 ml Luft gefüllt und verschlossen. Die Glaskugel wird mit der Pumpe evakuiert und genau gewogen. Der Kolbenprober wird angeschlossen, die Luftportion wird durch Öffnen der Hähne in die Glaskugel überführt. Anschließend wird die Kugel erneut gewogen. Aus der Massendifferenz und dem



vorgegebenen Volumen kann man die Dichte der Luft berechnen. Das Experiment wird mit Kohlenstoffdioxid wiederholt

**Beobachtung:** 100 ml Luft wiegen 0,13 g, 100 ml Kohlenstoffdioxid wiegen 0,2 g. Die Dichten errechnen sich zu 1,3 g/l (Tabellenwert: 1,29 g/l) bzw. zu 2,0 g/l (Tabellenwert: 1,97g/l).

**Hinweis:** Das Experiment kann auch mit Hilfe einer leeren Kunststoffflasche (Aquadest-Flasche) mit Stopfen und Hahn durchgeführt werden: Die Flasche wird genau gewogen, die Portion von 100 ml Gas mit dem Kolbenpöber hineingepumpt und die Flasche erneut gewogen (Barke, 2006, S. 59).

### **Versuch 3: Eigenschaften von Wasserstoff und anderen farblosen Gasen**

**Problem:** SchülerInnen identifizieren farblose Gase meist unkritisch mit der Luft. Es sind aus diesem Grund einige farblose Gase und entsprechende Nachweisreaktionen vorzustellen, die deutlich die Unterschiede in den Eigenschaften verschiedener Gase hervorheben. Insbesondere für das Gas Kohlenstoffdioxid ist hervorzuheben, dass aufgrund seiner hohen Dichte immer wieder tödliche Unfälle passieren: das etwa bei der Gärung entstehende Gas füllt den Weinkeller und lässt Mensch oder Tier durch den Sauerstoffmangel darin umkommen, wenn nicht mit einem brennenden Kerzenlicht der Sauerstoffanteil getestet wird.

Da die Eigenschaften des Wasserstoffs und die Gefahr durch die Explosion von Wasserstoff-Sauerstoffgemischen für SchülerInnen neu sind, ist es empfehlenswert, diesen Sachverhalt sehr detailliert zu besprechen und vor allem zu demonstrieren.

**Material:** 5 Standzylinder mit Deckglas, Holzspan, Luftballone, Verbrennungslöffel, Glasrohr, Becherglas, leere Konservenbüchse mit einem Loch von 1 mm Durchmesser, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid, Wasserstoff, Butan aus einer Gaskartusche, Teelicht, Kalkwasser, pneumatische Wanne, Spülmittel.

**Durchführung:** Die Gase werden durch Luftverdrängung in die Zylinder gefüllt, abgedeckt und gekennzeichnet. In alle Zylinder wird zunächst ein brennender Holzspan getaucht, danach ein nur glimmender Holzspan. Zur Unterscheidung von Kohlenstoffdioxid und Stickstoff können die beiden Gase auch in ein Becherglas entleert werden, das ein brennendes Teelicht enthält. Sie werden zu Differenzierung ebenfalls mit Kalkwasser versetzt und bei aufgesetztem Deckel geschüttelt.

**Beobachtung:** In Sauerstoff brennt der Span sehr hell, ein nur glimmender Span entzündet sich (Glimmspanprobe). In Stickstoff und Kohlenstoffdioxid gehen sowohl Flamme als auch Glimmspan aus. Kohlenstoffdioxid kann durch seine große Dichte eine im Becherglas

*brennende Kerze auslöschten, fällt aus dem farblosen Kalkwasser einen weißen Stoff milchigen aus (Kalkwasserprobe). Wasserstoff entzündet sich mit einem Knall und brennt mit farbloser Flamme, ein Beschlag aus Wassertröpfchen ist kurz zu beobachten. Butan entzündet sich und brennt ruhig mit gelber Flamme (Barke, 2006, S. 59)*

### Weitere Versuche

| <b>Versuch:</b>  | <b>Beobachtung:</b>  |
|--|--|
| Ein Luftballon wird mit Wasserstoff gefüllt, am Mundstück zugebunden und an einer Schnur aufgehängt und losgelassen  | Der Luftballon steigt aufgrund der geringeren Dichte von Wasserstoff sofort auf.   |
| Eine Kerze wird am Verbrennungslöffel befestigt und dem Luftballon genähert, bis eine Reaktion einsetzt (Knall!)   | Der Ballon platzt, das Gas verbrennt als heller Feuerball.   |
| Die Blechbüchse mit Loch wird mit der Dosenöffnung nach unten aufgestellt und durch Luftverdrängung mit Wasserstoff gefüllt. Das Gas ist an der Bohrung zu entzünden: Vorsicht, lauter Knall nach 20 Sekunden.   | Der Wasserstoff verbrennt zunächst vollkommen ruhig (Zur Kontrolle kann man ein Stück Papier über das Loch halten, es entzündet sich). Nach etwa 20 – 30 Sekunden ist ein leises Sirren zu hören und kurz danach ein heftiger Knall (Die Zuschauer sollten darauf hingewiesen werden, dass es sehr laut wird!). Das Gasgemisch verbrennt sehr schnell. |
| In die pneumatische Wanne wird Wasser eingefüllt und mit ein paar Tropfen Geschirrspülmittel vermennt. Anschließend werden Wasserstoff und Sauerstoff so eingeleitet, dass mit Gas gefüllte Bläschen entstehen. Mit einem brennenden Holzspan wird der Schaum entzündet. (Vorsicht Knall!) | Das Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff, das sich in dem Schaum befindet verbrennt sehr schnell unter lautem Knall! (→ Knallgasreaktion)  |

**Tabelle 1: Weitere Versuche zu Wasserstoff und entsprechende Beobachtungen (Barke, 2006, S. 60)**

#### **Versuch 4: Die Zusammensetzung der Luft**

**Problem:** Die SchülerInnen benutzen aus der Alltagssprache die Begriffe „gute Luft“ und „verbrauchte Luft“, stellen sich dabei aber nicht den Sauerstoffgehalt der Luft vor. Es ist deshalb schon aus diesem Grund schon wichtig, Experimente zur Zusammensetzung der Luft durchzuführen (Barke, 2006, S. 62)

**Material:** Zwei 100 ml Kolbenprober, Verbrennungsrohr, Glaswanne, kleiner Standzylinder mit Deckglas Holzspan, Eisenwolle.

**Durchführung:** In das Verbrennungsrohr wird die Stahlwolle gegeben und von beiden Seiten mit einem durchbohrten Stopfen verschlossen. An beiden Seiten wird jeweils ein Kolbenprober angeschlossen, wobei eine Luftportion von 100 ml eingeschlossen ist. Anschließend wird das Verbrennungsrohr von unten erhitzt. Mit den Kolbenprobern wird die Luftportion mehrmals hin und her geschoben. Nachdem das Restgas erkaltet ist wird das Volumen bestimmt und in weiterer Folge wird es in einem kleinen Zylinder aufgefangen und mit einem brennenden Holzspan überprüft.

**Beobachtung:** Die Eisenwolle glüht auf und wird schwarz (an der Oberfläche hat sich Eisenoxid gebildet). Das Gasvolumen vermindert sich auf etwa 80 ml. Dieses Restgas erstickt einen brennenden Holzspan. Zur Frage, warum man ein Metall verwendet, muss erwähnt werden, dass ein Feststoff entsteht, der den Sauerstoff aus der Luft bindet und somit aus dem Luftvolumen entzieht (Barke, 2006, S. 62).

#### **4.2 Untersuchungen zu SchülerInnenvorstellungen am Beispiel der Zustandsänderungen von Materie**

Das Verständnis der grundlegenden Aspekte der Teilchentheorie beeinflusst die Vorstellung von SchülerInnen im Zusammenhang mit der Zustandsänderung der Materie. Die Ideen bzw. Vorstellungen, die SchülerInnen zu diesem Thema haben, wurden sehr ausführlich untersucht. Man schätzt, dass viele SchülerInnen bis zu 18 Jahren nicht wissen, dass Teilchen sich bewegen, daher überrascht es nicht, dass es für sie schwierig ist, wissenschaftlich zu erklären, was passiert, wenn ein Gas erhitzt oder abgekühlt wird.

Novick und Nussbaum (1981) berichten, dass etwa 40% der 16-jährigen denken, dass die erhöhte Teilchenbewegung der Haupteffekt ist, der durch die Erwärmung eines Gases verursacht wird. Über 40% der Schüler im Alter von 16 Jahren lassen vermuten, dass die Teilchen gezwungen werden, sich voneinander zu entfernen, während weitere 20% den Begriff der abstoßenden Kräfte verwenden.

Die CLIS Studie (Children's learning in science Studie) von Brook, Briggs und Driver (1984) berichtet über ähnliche Antworten auf Fragen zum Luftdruck in einem Autoreifen. Über 12% der 15-Jährigen nutzten Ideen, die darauf hindeuten, dass die zunehmenden Kräfte zwischen den Teilchen zu einer Änderung des Reifendrucks während der Fahrt führen. Es wurde aber auch vorgeschlagen, dass die Teilchen bei zunehmender Temperatur expandieren würden und daher auch mehr Platz einnehmen. Séré (1986) untersuchte die "Ideen über Luftdruck" von 11 bis 13-Jährigen und stellt fest, dass Kinder mechanistische Begriffe wie "Kraft" verwenden, um visuelle Effekte zu beschreiben.

Die Teilchenbewegung beim Abkühlen scheint von SchülerInnen schwerer verstanden zu werden als die Bewegung der Teilchen beim Erhitzen. Wie gesagt, etwa 40% der 16-Jährigen dachten, dass eine erhöhte Teilchenbewegung die Erwärmung der Gasteilchen verursachen würde. Die umgekehrte Frage, zum Thema Abkühlung, ergab eine korrekte Beantwortung von weniger als 30% der 16 bis 18 Jahre alten SchülerInnen, bzw. nur 20% der UniversitätsstudentInnen waren in der Lage, die Frage richtig zu beantworten (Novick & Nussbaum, 1981).

Dieser Unterschied könnte möglicherweise daran liegen, dass weniger praktische Beispiele für das Abkühlen von Gasen verfügbar sind, die für ein besseres Verständnis hilfreich wären. Etwa 50% der Befragten jeden Alters erklären die Abkühlung von Gasen, auch unter Verwendung der Teilchentheorie damit, dass Gase in der Lage wären zu "schrumpfen", sich zu "verdichten", sich "absetzen". Geht man noch einen Schritt weiter, zu dem Extrem der Verflüssigung von Gasen, dann stellt man fest, dass SchülerInnen bei bildhaften Darstellungen, die Teilchen immer wieder an den Seiten oder am Boden des Gefäßes darstellen. Etwa 70% der ProbandInnen (Jugendliche im Alter von 13 - 18 Jahren) zeichneten Bilder diese Art, was darauf hindeutet, dass unangemessene Vorstellungen über die Verflüssigung weit verbreitet sind. Novick und Nussbaum stellten fest, dass

*"... viele Gymnasiasten die Abnahme des Volumens eines Gases bei der Abkühlung nicht der verminderten Teilchenbewegung zuschreiben sondern einer Erhöhung der Anziehungskräfte" (Novick & Nussbaum, 1981, S. 192).*

Kleine Kinder sammeln schon Erfahrungen über die Verdunstung. Russel, Harlen und Watt (1989) berichten, dass Kleinkinder zwar wahrnehmen, dass Verdunstung stattgefunden hat, sich aber auf das restliche Wasser konzentrieren. Bei einer Befragung sagen einige hierzu, dass das Wasser verschwunden wäre. Über ein Fünftel der 7 bis 9-Jährigen bestätigen, dass das Wasser verschwunden sei. Sie sind der Meinung, dass außenstehende Faktoren, wie eine andere Person oder die Sonne für das Verschwinden verantwortlich sind. Kinder glauben

auch, dass das Wasser in die Pfanne eingedrungen sei, wenn der Behälter vor ihnen erwärmt wird (Beveridge, 1985).

Die Antworten von Kindern im Volksschulalter aus der Studie von Russel Harlen und Watt (1989), lagen in der Nähe der Teilchentheorie. Die Befragten dachten, dass Wasser sich in Nebel, Dampf oder Sprühnebel (28%) verwandelt, während eine weitere Gruppe beschrieb, dass Wasser sich zu einer wahrnehmbaren Form (17%), wie Wasserdampf oder Gas verwandle. Es ist offensichtlich, dass die Einsicht über die Verdunstung mit dem Verständnis über die Erhaltung der Materie verbunden ist. Der Hinweis, dass eine externe Kraft/ Person das Wasser entfernt hat, scheint Kindern wenig Aufwand beim Nachdenken abzuverlangen, bietet aber eine fehlerhafte Erklärung, warum das Wasser „verschwindet“. Sie nutzen auf sensorischen Erfahrungen basierende Begründungen, die für ihre Anwendung befriedigende Erklärungen eines unsichtbaren Vorgangs liefern (Russell, Harlen und Watt, 1989).

Stavy (1990b) untersuchte den Zusammenhang zwischen Verdunstung und Erhaltung der Materie im Detail bei 9 bis 15-jährigen SchülerInnen die schon Unterricht zur Teilchentheorie erhalten hatten. Sie untersuchte ihre Reaktionen auf zwei Aufgaben (Propanonversuche). Ihre Ergebnisse deuteten darauf hin, dass 50% der 15-Jährigen bei der Begründung der Verdunstung, die Masseerhaltung nicht berücksichtigten. Stavy (1990b) ist der Meinung, dass aufgrund des Unterrichts über Dichte und Gewicht Verwirrung entstanden sei. Die SchülerInnen sagen, dass Gas weniger als die Flüssigkeit wiegt, somit gibt es weniger Gas. Damit wird die Verdunstung in Bezug auf die Gewichtsänderung erklärt, was aber falsch ist, weil dieser Zusammenhang mit der Änderung der Dichte zu erklären ist.

Osborne und Cosgrove (1983) untersuchten in Neuseeland SchülerInnen im Alter von 8 bis 17 Jahren. In einem Wasserkocher wurde Wasser so erhitzt, dass Luftblasen im siedenden Wasser zu sehen waren. Die SchülerInnen wurden hierzu befragt, woraus die aufsteigenden Blasen bestehen. Die Wissenschaftler erhielten unterschiedliche Antworten. Die ProbandInnen meinten, dass die Blasen aus heißer Luft, aus Luft, aus Sauerstoff oder Wasserstoff oder Wasserdampf bestehen. Mehr als 700 SchülerInnen im Alter von 12 bis 17 Jahren bekamen die gleiche Frage gestellt. In der anschließenden Tabelle sind die Antworten prozentuell aufgeschlüsselt:

| <b>Antworten</b>        | <b>12-Jährige</b> | <b>17-Jährige</b> |
|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Heiße Luft              | 30%               | 10%               |
| Luft                    | 30%               | 20%               |
| Sauerstoff/ Wasserstoff | 25%               | 40%               |
| Wasserdampf             | 15%               | 30%               |

**Tabelle 2: Ergebnisse zur Befragung**

Diese Daten zeigen, dass mit zunehmendem Alter der Anteil der richtigen Antwort (Dampf) steigt. Allerdings denken die meisten 17-Jährigen, dass Wasser durch Erhitzen in seine Bestandteile zerlegt werden kann, oder dass die Wärme selbst eine Substanz wäre, oder dass Wasser Luft enthält. Osborne und Cosgrove rechnen dies dem Einfluss des Unterrichts zu, da diese Altersgruppe im Unterricht erfahren hat, dass die Formel von Wasser  $H_2O$  ist, und daher die Vorstellung vorhanden ist, dass Hitze in der Lage ist, Wassermoleküle aufzuspalten (Osborne & Cosgrove, 1983).

Johnson (1998b) führte eine Langzeitstudie mit 11 bis 14-jährigen SchülerInnen durch, wobei er die Fragen von Cosgrove und Osborne dazu verwendete, um ihre Vorstellung über die Zustandsänderungen zu erforschen. Er ist der Auffassung, dass man bei SchülerInnen das Verständnis wecken sollte, dass die Entstehung von Wasserdampf als eine Zustandsänderung zu verstehen ist. Er findet dies deshalb so wichtig, weil es für das weitere Verständnis bei der Entwicklung der Idee von Gas als Stoff von besonderer Bedeutung ist. Er argumentiert, dass der Unterricht zur Teilchentheorie eine wichtige Rolle spielt, damit 11 bis 14-Jährige akzeptieren können, dass die aufsteigenden Blasen in kochendem Wasser einfach nur ihren Aggregatzustand von flüssig zu gasförmig gewechselt haben (Johnson, 1998b).

In einer späteren Publikation schlägt Johnson vor:

*„...that pupils needed to develop and understanding of the gas state that could see water both by itself and as a mixture with the air”* (Johnson, 1998c, S. 708).

Kruger und Summers (1989) verwendeten Fragen, ähnlich denen von Cosgrove und Osborne in ihrer Arbeit mit GrundschullehrerInnen. Sie fanden heraus, dass die LehrerInnen die Teilchentheorie nicht sehr oft verwenden, um das Phänomen der Verdunstung in makroskopischen Bedingungen zu erklären. Diese Studie ergänzt die vorgelegten Erkenntnisse von früher und weist darauf hin, dass die Menschen nicht ohne weiteres ihre naive Vorstellungen über Teilchen und Materie ändern, sondern ihre kindliche Wahrnehmung sogar bis ins Erwachsenenalter beibehalten.

Osborne und Cosgrove schildern in ihrer Untersuchung aus dem Jahr 1983 die Vorstellungen von SchülerInnen über Kondensation. In einem Versuch hielten sie eine Untertasse in den aufsteigenden Dampf über einen kochenden Kessel und fragten: „Was ist das auf der Untertasse?“. Viele von 10 bis 13-Jährigen meinten, dass die Untertasse „verschwitzt“ oder einfach nur „nass“ sei. Andere im gleichen Alter und Ältere sagten: „Der Dampf wird wieder zu Wasser“, oder „Sauerstoff und Wasserstoff rekombinieren sich wieder aus dem Wasser.“ Über ein Viertel der 13 bis 17-jährigen, die befragt wurden, gaben die richtige Antwort.

Osborne und Cosgrove sammelten vier der am häufigsten vorkommenden Erklärungen über die Herkunft des Kondenswassers an der Außenseite eines verschlossenen Glasgefäßes, das mit Eis und Wasser gefüllt wurde. Folgende Antworten wurden gegeben: "Wasser kommt durch das Glas" (Alter 8 bis 15); "Kälte kommt durch das Glas" (Alter 12 bis 17), "Die kalte Oberfläche und trockene Luft (Sauerstoff und Wasserstoff) reagieren zu Wasser" (Alter 12 bis 17) und "Das Wasser in der Luft haftet am Glas" (Alter 14 bis 17). Der Anteil der 16 bis 17-Jährigen, die dachten, dass Kälte oder Wasser durch das Glas kamen, war sehr klein. Bemerkenswert ist, dass rund 30% dieser Altersgruppe zur Antwort gaben, dass sich die Gase auf der Oberfläche zu Wasser rekombinieren (Osborne & Cosgrove, 1983).

Die Autoren merken an, dass richtige Antworten unter Zuhilfenahme der Teilchentheorie Ausnahmen waren, und dass:

*"...more ideas to do with particles moving and colliding appeared to be understood by older pupils, but sustained probing of these ideas did not produce sound scientific explanations in terms of intermolecular forces or of loss of kinetic energy" (Osborne & Cosgrove, 1983, S. 830).*

Die Hartnäckigkeit, wie auf ursprünglichen Vorstellungen beharrt wird, weist darauf hin, dass sogar 16-Jährige SchülerInnen es als schwierig empfinden, grundlegende Ideen zur Teilchentheorie in praktischen Situationen anzuwenden.

Osborne und Cosgrove (1983) berichten von drei Hauptaussagen, die von 8 bis 17-Jährigen zum Ausdruck gebracht wurden, als ihnen gezeigt wurde, wie Eis auf einem Teelöffel zum Schmelzen gebracht wurde. Zum Beispiel war die Antwort, dass das Eis "nur schmilzt und sich in Wasser verwandelt" üblich. 12 bis 13-Jährigen schlugen häufig vor, dass das Eis "oberhalb seiner Schmelztemperatur" wäre, während 14 bis 17-Jährige allgemein der Meinung waren, dass „die Hitze die Teilchen dazu zwingt, sich weiter auseinander zu bewegen“. Eine kleine Zahl von 14 bis 17-Jährigen verwendeten Teilchenideen.

In einer anderen Untersuchung wurden 15-Jährige gebeten zu erklären, was mit Eis passiert, wenn es aus einem Gefrierschrank bei  $-10^{\circ}\text{C}$  herausgenommen und in einen wärmeren Bereich von  $-1^{\circ}\text{C}$  gebracht wird. Etwa die Hälfte der Antworten beruhte auf Teilchenideen, zeigten aber Missverständnisse in ihrer Anwendung. Einige Beispiele für diese Antworten sind:

*„Der Eisblock kühlt und die Partikel beginnen auseinanderzubrechen, um ein Gas zu bilden.“*

*„Aufgrund des Temperaturanstiegs brechen die Teilchen auseinander und entfernen sich voneinander. Wenn die Teilchen auseinandergebrochen sind, gehen sie von einer Kristallform, in eine Lösung über.“*

Die erste Antwort verwechselt Schmelzen mit Verdampfen, während die zweite Antwort zur Idee des Lösens führt.

Andere Befragte wendeten wiederum makroskopische Ideen an, etwa dass sich die Teilchen ausdehnen und zusammenziehen würden:

*„Wenn die Temperatur steigt, nehmen die Teilchen Hitze auf und fangen an zu expandieren.“*

*„Wenn ein Eisblock aus einem Gefrierschrank genommen wird, bewirkt der plötzlichen Temperaturwechsel ein Schrumpfen der Teilchengröße.“*

Weitere Vorschläge waren unter anderen, dass die Teilchen geschmolzen oder gestorben wären. Wie auch immer, als man bei der Frage beide Temperaturen unter Null wählte, wollte man nicht primär das Wissen der SchülerInnen über die Änderung der Aggregatzustände testen, sondern sie sollten einfach nur beschreiben was passieren würde. Einige Antworten der SchülerInnen waren, auf die Frage hin ob das Eis schmelzen würde, ein Resultat der Verwirrung die zum Ausdruck gebracht wurde (Kind, 2004).

SchülerInnenvorstellungen über das Erstarren wurden nicht umfassend untersucht. Stavy (1990b) stellte fest, dass einige der 6 bis 14-jährigen bewusst angaben, dass Schmelzen reversibel sei, sie stellten dazu fest:

*"It is possible that pupils of these ages do not have a general conception of the reversibility of the melting process but judge each case specifically"* (Stavy, 1990b, S. 509).

So denken die SchülerInnen zwar, dass man gefrorenes Wasser wieder zu flüssigem Wasser schmelzen kann, aber diese Vorstellung wird nicht unbedingt für andere Stoffe übernommen. Stavy untersuchte, wie die Worte "Schmelzen" und "Erstarren" bei Kerzenwachs und Wasser angewendet wurden. Die Reversibilität des Eis-Wasser-Zustands, wurde von fast allen Befragten akzeptiert, aber die Vorstellung des schmelzenden und erstarrenden („gefrierenden“) Kerzenwachses wurde nur von 50% der 10-Jährigen verstanden. Dieser Wert ist bei 16-Jährigen auf 100% angestiegen (Stavy, 1990b).



### 4.2.1 Vorstellungen von SchülerInnen über die Eigenschaften der Materie

In einer Studie von Stavy (1990a) ,zu der Vorstellung über die Eigenschaften von Materie, wurden die Aussagen von SchülerInnen wie folgt unterteilt:

- a) Materie hat keinen bleibenden Aspekt. Wenn Materie von der Bildfläche verschwindet (z. B. wenn Zucker sich in Wasser auflöst) hört sie auf zu existieren.
- b) Materie hat einen materialistischen Kern, mit dem verschiedene Eigenschaften, unabhängig von seiner Existenz, verbunden sind. Materie kann „verschwinden“, während seine Eigenschaften (z. B. Süße) weiterhin vollständig vorhanden bleiben.
- c) Das Gewicht ist keine intrinsische Eigenschaft der Materie. Die Existenz von schwereloser Materie kann von den SchülerInnen angenommen werden.
- d) Einfache physikalische Veränderungen (z. B. Auflösung) werden nicht als reversibel verstanden.

Es gibt Untersuchungen, die diese Aussagen stützen. Zum Beispiel befragten Russel, Harlen und Watt Kinder im Alter von 5 bis 11 Jahren, wie sie sich den Rückgang des Wasserstands in einem großen Tank erklären. Die Kinder sollten beschreiben, wie es zu diesem Schwund nach einem sonnigen Tag gekommen ist. Über 45% der ProbandInnen haben sich auf das restliche Wasser konzentriert ohne einen Erklärungsansatz zum Verschwinden des Wassers zu nennen (s. Erklärung „a“) (Russell, Harlen und Watt, 1989).

Stavy untersuchte bei 9 bis 15-Jährigen das Wissen um die Massenerhaltung. Den SchülerInnen wurde Propanon in einem geschlossenen Behälter gezeigt, das anschließend zum Verdampfen gebracht wurde. Rund 30% der 9 bis 10-Jährigen dachten nach Betrachtung der Probe, dass das Propanon verschwunden wäre (s. Aussage „b“). Bei den Befragungen wurde festgestellt, dass 30% der 10 bis 12-Jährigen (30%) dachten, obwohl der Geruch des Propanon deutlich zu spüren war, dass es nicht mehr existent war. Etwa 40% von 14-jährigen SchülerInnen gaben an, dass das Propanon schwerelos geworden wäre, weil es unsichtbar geworden ist (s. Erklärung „c“). Stavy (1990a) untersuchte eine Gruppe von 15-Jährigen. Aus dieser Gruppe gaben 65% an, dass ihrer Meinung nach die Verdunstung von Propanon reversibel sei. Es konnte im Verhältnis auch eine große Steigerung im Bezug auf eine korrekte Erklärung bei der Altersgruppe der 13- bis 14-Jährigen von ursprünglich 25% auf 60% beobachtet werden, wenn formal auf Vorstellungen zur Teilchen-Lehre eingegangen wurde (s. Aussage „d“).

#### 4.2.2 Die Auswirkungen naiver Vorstellungen über die Zustände der Materie auf den Unterricht

Naive Vorstellungen über die Materie die von Hayes (1979), Piaget und Inhelder (1974) beschrieben werden, betreffen drei Punkte, die für LehrerInnen im Unterricht von Bedeutung sind:

- SchülerInnen begründen nicht konsequent: Bei einigen Gelegenheiten finden wir sensorische Argumentation, in anderen Situationen begründen SchülerInnen wiederum logisch;
- Es ist eine Tatsache, dass sensorische Erfahrung in Fällen dominiert, in denen die Sache nicht sichtbar ist;
- Viele SchülerInnen im Alter von 15 Jahren argumentieren im Bezug die Materie noch sensorisch trotz weit fortgeschrittenen logischen Denkens in anderen Bereichen, wie z. B. in der Mathematik.

Belege dafür enthält die Studie von Stavy (1990a). SchülerInnen beschreiben einen ähnlichen Versuch wie den Propanonversuch ganz anders, wenn die untersuchte Substanz sichtbar bleibt. Wie schon beschrieben, bildet verdampfendes Propanon ein unsichtbares Gas, aber sublimierendes Jod erzeugt violette Dämpfe, die gesehen werden können. Ebenso wie beim „Propanon-Problem“ erklären Kinder, was sie bei diesem Versuch gedacht haben, als festes Jod in ein geschlossenes Rohr gelegt und erhitzt wurde. Diesmal haben 30 bis 50% von den 9 bis 15-Jährigen SchülerInnen angenommen, dass die Gesamtmasse des Materials unverändert bleibt, während 70 bis 95% meinten, dass die Materie unverändert bleibt. Dies ist ein krasser Gegensatz zu den Zahlen im Vergleich zur Propanon-Demonstration.

Stavy's Arbeit zeigt, dass 30 bis 40% der 15-Jährigen, die im Chemieunterricht Informationen zur Teilchentheorie erhalten haben, weiterhin noch naive Vorstellungen über die Materie hatten und diese auch zur Lösung von entsprechenden Problemen einsetzten. Kinder haben ihre naive Sichtweise zur Materie durch Erfahrungen in der Kindheit erworben. Aus diesem Grund fällt es SchülerInnen sehr schwer darauf zu verzichten, was wiederum ihr konsequentes Denken über die Materie hemmt. Auch wenn Kinder über die notwendigen logischen oder abstrakten Denkweisen verfügen, um die Fragen rund um Materie richtig beantworten zu können, führt ihre naive Sicht sie zu unangemessenen Ideen. Die Auswirkungen der Dauerhaftigkeit von einer naiven Sicht der Materie sind breit gefächert, wie die Diskussion über das Erlernen der Teilchentheorie über die Materie zeigt (Stavy, 1990a).

### 4.2.3 SchülerInnenvorstellungen zum Teilchenkonzept

Das Verständnis des Teilchenkonzepts ist ein bedeutendes, aber schwierig zu erreichendes Bildungsziel. SchülerInnen sollen damit einen Einblick in Aufbau und Struktur des Mikrokosmos sowie in dessen Modellierung erhalten, um damit ein angemessenes und umfassendes Verständnis für die sehr spezifische Natur der submikroskopischen Welt zu entwickeln. Aber gerade diese prinzipielle Andersartigkeit der Teilchenstruktur und die damit einhergehenden quantentheoretischen Beschreibungen können in der Sekundarstufe I nicht so einfach thematisiert werden. Daher ist es aus Sicht von LehrerInnen wichtig, SchülerInnen als Makrowesen auf die Reise in die Mikro- und Nanowelt einzuführen und ihnen die Unterschiede beider Welten zu verdeutlichen. Die Funktionsweise der Mikrowelt deckt sich nicht mit den Erfahrungen unserer Alltagswelt. Lernenden müssen daher die Werkzeuge, d. h. die wissenschaftlichen Methoden, näher gebracht werden, um ein Verstehen dieser für die SchülerInnen neuen Welt zu ermöglichen, damit eine derartige Reise erfolgreich wird (Mikelskis-Seifert & Fischer, 2003).

Die Ergebnisse aus Studien, die sich mit Vorstellungen zum Teilchenkonzept befassen, führen zu der Ansicht, dass Teilchentheorien schlecht begriffen werden. Nach einer Aufforderung argumentierten rund 25% der SchülerInnen, unterschiedlichen Alters, ausschließlich mit kontinuierlichen Ideen über den Aufbau der Materie.

Die naive Sichtweise von Materie bei Kindern beruht auf dem "Sehen ist Glauben"-Prinzip. Teilchen können nicht "gesehen" werden, somit können sie in keinem funktionierenden Modell existieren. Dieses Verhalten wurde von Novick und Nussbaum (1981) beschrieben. Die grundlegenden Lernprobleme von SchülerInnen erfordern;

*„...die unmittelbaren Wahrnehmungen zu überwinden, die sie zu einer kontinuierlichen, statischen Sichtweise über die Struktur der Materie verleiten. Es muss Platz für die bisherige naive Sicht der physischen Welt sein, so dass auch ein neues Modell von Wissenschaftlern angenommen werden kann. Die Internalisierung des Modells erfordert daher die Überwindung grundlegender kognitiver Schwierigkeiten bei der Wahrnehmung sowohl der begrifflichen als auch der wahrnehmenden Natur“ (Novick & Nussbaum, 1981, S. 187)*

Es gibt Hinweise darauf, dass ein entsprechender Unterricht eine Änderung in der Denkweise bei Kindern bewirkt. In ihrer 1978 veröffentlichten Studie, verwendeten Novick und Nussbaum Interviews, um das Verständnis von Gasen bei 13 - 14-Jährigen zu testen, nachdem im Chemieunterricht darüber gesprochen worden war. Die Erkenntnis war, dass etwa 60% konstante Teilchenideen verwenden. Diese Zahl erhöhte sich auf mehr als 90% im Alter von 18 +

bei Teilnehmern eines CLIS Projekts (Children's learning in science-project) (Novick & Nussbaum, 1981).

Eine aktuellere Studie, wie in der von Novick und Nussbaum, erzielte sogar höhere Anteile. Johnson meldete die Ergebnisse einer Längsschnittstudie, die auf Interviews basierte. Es wurden 11- bis 14-jährige SchülerInnen auf das Verständnis von Teilchenphysik Ideen getestet. Johnson fand, dass nach einer Zeitspanne von zwei Jahren, die meisten der 33 SchülerInnen ein Teilchen-Modell für die Materie verwendeten, welches wissenschaftlich exakte Aspekte enthielt (Johnson, 1998a).

SchülerInnen, die zu makroskopischen Eigenschaften von Stoffen befragt wurden, jedoch nicht in der Lage waren die Teilchentheorie korrekt anzuwenden, gaben unter anderem folgende Antworten auf eine Frage über die Auswirkungen auf einen Eisblock wenn die Temperatur geändert wird:

„Wenn die Temperatur auf  $-1^{\circ}\text{C}$  steigt, schmilzt das Eis, wodurch der Eisblock immer kleiner wird“(Kind, 2004, S. 18)

Hier wurde nach dem Reifendruck eines Autoreifens während der Fahrt gefragt:

„Wenn ein Auto fährt, beginnen die Reifen sich aufzuwärmen und das verursacht Druck“ (Kind, 2004, S. 8)

Diese "low-level" Antworten, die von den Kindern gegeben wurden, zeigen, dass die SchülerInnen sich die Materie als kontinuierlich vorstellen. Viele SchülerInnen verzichten dabei nicht auf ihre naive Sicht über die Eigenschaften der Teilchen.

„[Teilchen können] ihre Form verändern [fest zu flüssig]; explodieren, brennen, expandieren, verändern ihre Form und Farbe, oder schrumpfen“(Kind, 2004).

Griffiths und Preston fanden 1992 ähnliche Ideen. In einer kleinen Studie berichteten sie, dass etwa 50% der 18-Jährigen denken, dass Wassermoleküle im Dampf größer sind als die im Eis. Diese Art von Erklärung scheint ein „Mittelding“ zwischen der vollen Anerkennung des teilchenförmigen Zustands der Materie und der naive Vorstellungen über die Materie zu sein. Obwohl einige SchülerInnen eine wissenschaftliche Auffassung entwickelt haben, können sich die anderen in diesem Zwischenstadium bewegen (Griffiths & Preston, 1992).

Bei befragten SchülerInnen gibt es Anzeichen dafür, dass zufällige Bewegungen von Teilchen in Flüssigkeiten und Gasen schwer abzuschätzen sind. Zum Beispiel zeigt eine Studie von Westbrook und Marek mit über 100 SchülerInnen, dass keiner von ihnen die Farbstoffdiffusion einer zufälligen Bewegung von Teilchen zuordnete (Westbrook & Marek, 1991).

SchülerInnen ab 16 Jahren scheinen zu akzeptieren, dass Gaspartikel sich gleichmäßig in einem Gefäß verteilen. Stellt man ihnen aber die Frage, warum die Teilchen nicht alle auf den

Boden fallen, weiß nur etwa die Hälfte dass die Teilchen in ständiger Bewegung sind (Novick & Nussbaum, 1981).

Novick und Nussbaum (1981) untersuchten in einer Studie diese Vorstellung israelischer 13 bis 14-jähriger ProbandInnen und 10- bis 20-jähriger amerikanischer ProbandInnen. Sie ergab, dass die SchülerInnen erhebliche Schwierigkeiten mit der Vorstellung haben, dass der Raum zwischen den Teilchen leer ist. Rund 25% der jüngeren Gruppe schlug vor, dass, obwohl sie die Teilchen selbst als diskret annahmen, der Raum zwischen ihnen gefüllt war, zum Beispiel „mit Staub und anderen Partikeln; anderen Gasen wie zum Beispiel Sauerstoff oder Stickstoff; Luft, Schmutz, Keime, vielleicht eine Flüssigkeit; unbekannte Dämpfe oder sie nahmen an, dass kein Raum existent war.“

Etwa 40% der befragten 16 +-Jährigen antworteten auf die Frage: „Was gibt es zwischen den Teilchen?“, mit „Dampf oder Sauerstoff“, während weitere 10 bis 15% meinten, dass „Schadstoffe“ vorhanden wären. Universitätsstudierende der Naturwissenschaften verwendeten ebenfalls dieses „raumfüllende“ Modell. Etwa 33% der Befragten unterschätzten den relativen Raum zwischen den Gasteilchen stark.

Für Schüler aller Altersklassen ist ein Raum, der mit nichts gefüllt ist, nur schwer vorstellbar, daher wird er intuitiv mit etwas „gefüllt“. SchülerInnen hängen an sichtbaren und sensorischen Informationen über Feststoffe und Flüssigkeiten, um ihre naive Sicht der Materie zu entwickeln. Ihre Schwierigkeiten mit der Akzeptanz eines Modells, in dem die Räume zwischen den Teilchen mit „nichts“ gefüllt sind, sind nicht überraschend (Kind, 2004).

SchülerInnen scheint es leichter zu fallen, die Kräfte, die zwischen den Teilchen herrschen, zu akzeptieren, als die ständige Bewegung, um das Verhalten eines Gases zu erklären. Novick und Nussbaum haben eine Gruppe von 13-bis 14-Jährigen gebeten, ein Bild zu skizzieren, auf dem ein teilweise evakuierter Kolben dargestellt war. Ein signifikanter Anteil zeichnete die Luft an den Seiten des Kolbens oder in einem Klumpen am Boden des Kolbens. Andere gaben an, dass die Luft aus winzigen Teilchen zusammengesetzt sei, und zeichneten die Partikel in Klumpen willkürlich in den Kolben. Die Erläuterungen zu diesen Bildern enthielten Aussagen wie: „Die Luft wird an ihrem Platz durch Anziehungskräfte gehalten ...“. Novick und Nussbaum gaben in ihrer Studie aus dem Jahre 1981 an, dass etwa 20% der 16 +-Jährigen denken, dass „abstoßende Kräfte zwischen den Teilchen“ verhindern, dass die Partikel auf den Boden des Kolbens fallen. Die Idee der anziehenden und abstoßenden Kräfte suggeriert, dass es in diesem Kolben nur statische Teilchen gibt, was wiederum bestätigt, dass die Bewegung von Teilchen in einem Gas nur schwer zu fassen ist. Der „Anziehungskräfte“-Vorschlag unterstützt das „Verklumpen“-Modell, während der Begriff der abstoßenden Kräfte die gleichmäßige Verteilung der Partikel im Kolben erklärt. Es gibt keine Hinweise, ob einzelne Schü-

lerInnen im Alter zwischen 14 und 16 Jahren von einer Idee zur anderen wechseln. Doch unter der Annahme, dass Teilchen gleichmäßig verteilt sind, wird die Anziehungskräfte-Vorstellung überflüssig, so können SchülerInnen stattdessen eine neue Erklärung für abstoßende Kräfte verwenden. Diese Ideen sind nicht unbedingt exklusiv (Novick & Nussbaum, 1981).

Brook, Briggs and Driver stellten 1984 fest, dass ein erheblicher Anteil der 15-jährigen SchülerInnen, die Anziehungskräfte zwischen den Gasparkeln annahmen, um den Luftdruck zu erklären. Einige SchülerInnen schlugen vor, dass die Stärke der Kräfte temperaturabhängig sei. Andere 15-Jährige dachten, dass es diese Kräfte zwischen den Teilchen im festen Zustand nicht gäbe. Der Bericht gibt nicht an, ob diese SchülerInnen der Meinung sind, dass auch Kräfte zwischen Gasparkeln existieren (Brook, et. al., 1984).

Doch Engel und Driver (1986) berichten, dass SchülerInnen keine Idee konsequent zur Problemlösung anwenden. So konnte es vorkommen, dass dieselben SchülerInnen sich vorstellen konnten, dass Kräfte zwischen Gasteilchen wirken, jedoch zwischen den Teilchen einer festen Phase dieser Substanz nicht.

Die Vorstellungen der SchülerInnen von anziehenden und abstoßenden Kräften macht es schwer, wissenschaftlich korrekte Vorstellungen über Veränderungen des Zustandes und der chemischen Bindung zu lernen, von denen beide eine Wechselwirkung zwischen den Teilchen beinhalten.

Es ist sehr wichtig, dass SchülerInnen gleichzeitig mit der Modellvorstellung, dass Materie aus kleinsten Teilchen besteht, den allgemeinen naturwissenschaftlichen Modellbegriff kennen lernen und auch noch verstehen können. Bedauerlicherweise hat dieser allgemeine Modellbegriff wenig mit Modellen im herkömmlichen Sinne zu tun. Wenn wir ein Flugzeugmodell betrachten, dann wissen wir, dass es vom Modell ein Original in Lebensgröße gibt, das mit dem maßstabgetreuen Modell vergleichbar ist. Bei unseren Modellvorstellungen über die Materie gibt es die Möglichkeit des Vergleichs nicht.

Hauptmerkmale des allgemeinen Modellbegriffs, nach Herbert Stachowiak (1971) werden folgendermaßen unterschieden:

**Abbildungsmerkmal:** Ein Modell ist immer ein maßstabgetreues Abbild eines natürlichen oder künstlichen Originals und wird damit erfahrbar und vergleichbar.

**Verkürzungsmerkmal:** Modelle werden von Personen angefertigt. Von deren subjektivem Zugang zum Original ist es abhängig, welche Attribute des Originals im Modell übernommen werden. Ein nicht verkürztes Element wäre das Original.

**Pragmatismus:** Pragmatismus bedeutet so viel wie Orientierung am Nützlichen. Ein Modell ist einem Original nicht von sich aus zugeordnet. Die Zuordnung wird durch die Fragen *Für wen? Warum? Wozu?* relativiert. SchülerInnen den naturwissenschaftlichen Modellbegriff von der Materie verständlich zu machen, ist eine wesentliche Aufgabe des Chemieunterrichts. Hier stößt man aber auf die Schwierigkeit, dass dieser Begriff nicht deckungsgleich mit dem üblichen Modellbegriff ist. Im Gegensatz zu einem Modell eines Hauses, gibt es zur Modellvorstellung der Materie kein reales Abbild. Das heißt wir können nicht mit etwas Konkretem, für die SchülerInnen „Wirklichem“ vergleichen, wir bleiben also abstrakt. **Validität:** Dieses vierte Merkmal, das Stachowiak nicht ausdrücklich benannt hat, jedoch unabdingbar dazu gehört. Ein nicht valides Modell liefert ein falsches Abbild und führt zu Schlüssen, die dem pragmatischen Zweck zuwider laufen (Barke, 2006).

Für einen Erkenntnisprozess z. B. im Chemieunterricht ist ein Modell von großer Bedeutung. Unter bestimmten Bedingungen besitzen Modelle bei der Untersuchung realer Gegenstände und Prozesse beim Aufbau von Theorien eine wichtige Erkenntnisfunktion. Sie dienen u.a. dazu, komplexe Sachverhalte zu vereinfachen (idealisieren) bzw. unserer Anschauung zugänglich zu machen.

#### 4.2.4 Kleinste Teilchen der Materie und Modellbegriff

Folgende Äußerungen von SchülerInnen aus der Sekundarstufe I wurden nach ein paar Unterrichtseinheiten zur Teilchentheorie getätigt:

- „Wasser hat keine Teilchen – ein Tropfen lässt sich doch beliebig breit verschmieren.“
- „Magnesiumteilchen werden bei der Verbrennung vernichtet, Asche bleibt übrig.“
- „Zuckerteilchen verschwinden beim Auflösen, nur das Wasser schmeckt süß.“



**Abb. 2: Kepler-Vermutung**  
➔ hexagonale Kugelpackung im Raum

(Barke, 2006, S. 68)

Solche Aussagen belegen, wie schwierig die Einführung des Teilchenmodells ist. LehrerInnen sollten davon ausgehen, dass mehrere Unterrichtsstunden dafür aufzuwenden sind. Jugendliche brauchen viel Zeit und auch Motivation, um sich Vorstellungen über Modelle, über Teilchen und deren Anordnung zu machen.

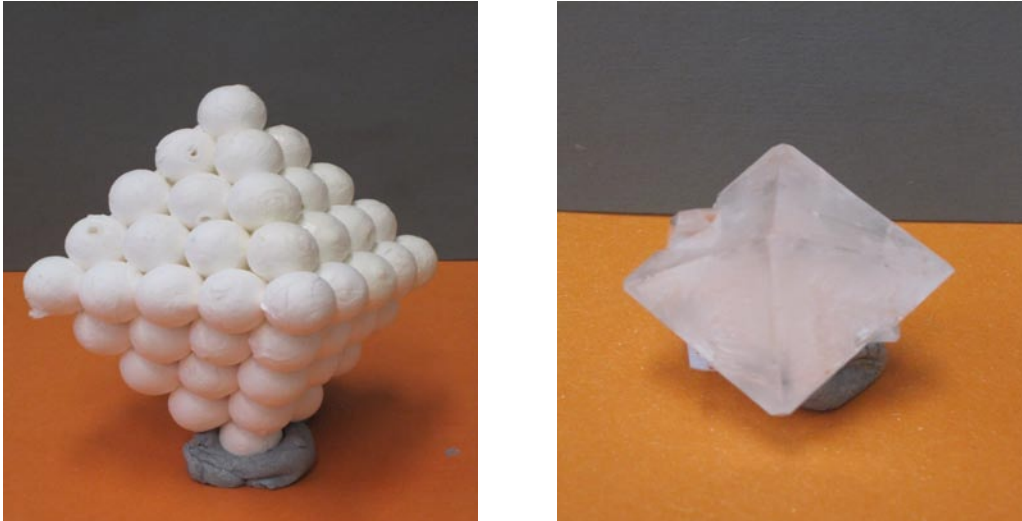
*Das erste Denkmodell muss im Kopf erst entwickelt werden, bevor es erfolgreich und konsequent für weitere Fragestellungen zur Anwendung kommen kann. Auch wenn im Chemieunterricht das Teilchenmodell unterrichtet und mit Beispielen vertieft worden ist, garantiert das noch nicht, dass die SchülerInnen diese Vorstellung akzeptieren und auf jede Art von Materie übertragen. Fast wie zu Zeiten von Aristoteles und Demokrit erhebt sich trotz dieses Unterrichts die Frage nach dem kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Aufbau der Materie immer wieder neu. Lernende scheinen kein Problem damit zu haben, dass in einem Fall kleinste Teilchen existieren, im anderen Fall nicht. Wie kann man einen diesbezüglichen Unterricht optimieren? (Barke, 2006, S.68)*

Das Züchten von Alaunkristallen (Siehe Versuch 5, S. 58-59) erweist sich zur Einführung des Teilchenmodells als sehr zielführend, vor allem wenn SchülerInnen die Möglichkeit haben, selbst Kristalle zu züchten. Sie werden zunächst feststellen, dass alle gezüchteten Kristalle, dieselbe Oktaederform haben. Die Frage wird sich aufdrängen, wie es möglich ist, dass die Kanten des Kristalls immer schnurgerade sind, warum die Flächen immer ebenmäßig sind und die Winkel immer gleich sind. Und all das ohne Eingriff und Zutun von außen. Idealerweise könnten die SchülerInnen die Theorie aufstellen, dass hinter der Anordnung der kleinsten Alaun-Teilchen ein bestimmtes Prinzip liegt, die Gestalt des Kristalls also nicht dem Zufall unterworfen ist. Falls dieser Vorschlag nicht von den SchülerInnen kommt, ist es die Aufgabe der LehrerInnen, die Aufmerksamkeit in diese Richtung zu lenken (Barke, 2006).

Sinnvoll ist es, ein konkretes Anschauungsmodell (siehe Versuch 6, S. 59-60) mit dem Originalkristall zu vergleichen. SchülerInnen werden so eher auf den Zusammenhang stoßen, dass es kleinste Teilchen im Alaunkristall geben muss. Deren Anordnung gleicht jener von Kugeln in einer Kugelpackung. Daraus ergeben sich jene Abbildungsmerkmale, die auch am Modell zu sehen sind (Barke, 2006):

- *„Originalkristall und Modell weisen dieselbe Oktaederform auf, ebenfalls glatte Kanten, glatte Flächen und konstante Winkel.“*
- *„Regelmäßig angeordnete Kugeln im Modell weisen auf eine ähnliche Anordnung der Alaunteilchen im Kristall hin, eine Kugel entspricht einem Alaunteilchen.“ (Barke, 2006, S. 69)*





**Abb. 3: Oktaedermodell aus Zellstoffkugeln im Vergleich mit einem Alaunkristall**

Damit SchülerInnen eine angemessene Vorstellung entwickeln können, sollte darauf hingewiesen werden, dass die Form, das Material, aus dem die Kugeln im Modell bestehen, und die Farbe nichts mit dem Original zu tun haben. Es sollte auch erwähnt werden, dass der Klebstoff zwischen den Kugeln nichts mit dem Kristall zu tun hat. Im Kristall müssen es die Anziehungskräfte zwischen den Alaunteilchen sein, die den Kristall zusammenhalten. Die Simulation von elektrostatischen Kräften (siehe Versuch 7, S. 60) kann man mit Hilfe eines Kunststoffstabes, der an Wolle gerieben wird, und Papierschnitzel demonstriert werden, da die Papierstücke elektrostatisch aufgeladen werden und so am Kunststoff haften. Es ist von Vorteil, wenn ein zweites Modell, aus anderen Materialien hergestellt, demonstriert wird. Es eignen sich auch Programme für den PC, wo virtuelle Kugelpackungen aufgebaut werden können, zur Demonstration. Solche virtuellen Modelle können die Modellvorstellung noch mehr verdeutlichen, weil Farbe und Größe beliebig verändert werden können und weil das Modell am PC aus allen Perspektiven beliebig betrachtet werden kann (Barke, 2006).

Für den Einsatz im Unterricht bedarf es einer groben Vereinfachung des Kristallmodells. Hierfür bietet sich das Bild der dichtesten Kugelpackung für den Alaunkristall an.

Damit die SchülerInnen den Aufbau eines Alaunkristalls sich vorstellen und verstehen können, bietet man ihnen das Bild einer dichten Packung an hydratisierten Kalium-Ionen an, deren Oktaeder- und Tetraederlücken mit Aluminium- bzw. mit Sulfat-Ionen gefüllt sind. Diese Modellvorstellung kann später im Unterricht eingeführt werden, wenn der Ionen-Begriff in den Unterricht eingeführt wird. Für die erste Annäherung ist es durchaus zielführend, zunächst einmal den Begriff „Alaunteilchen“ einzuführen und dieses vereinfachte Bild zu wählen (Barke, 2006).



**Abb. 4: Lösen von Jodkristallen mittels Kapillare in Ethanol**

Problematisch ist nur, dass man es sofort mit zwei Teilchenarten zu tun hat. Gute Beispiele für geeignete Lösungen sind Substanzen, die aus Molekülen aufgebaut sind, wie zum Beispiel Zucker, Wasser, Ethanol. Salze hingegen sind ungeeignet. Sie lassen sich nicht mit dem einfachen Teilchenmodell beschreiben, weil sie aus mindestens zwei Ionenarten bestehen. Man kann davon ausgehen, dass SchülerInnen schon beobachtet haben, wie sich Zucker in Wasser löst. Daher wird es für sie umso spannender, wenn Jod in Ethanol gelöst wird (siehe Versuch 8, S. 60-61). Sie beobachten dabei, wie der feine Strahl der Lösung aus einer Kapillare fließt und zu Boden sinkt und sich erst nach einiger Zeit auf das ganze Volumen verteilt. Zurückzuführen ist dieser Umstand auf die Tatsache der größeren Dichte des gelösten Jods. Ein Experiment (siehe Versuch 9, S. 61), in dem zwei Sorten Kugeln (Reiskörner und Erbsen) in einer Kristallisierschale verteilt werden, veranschaulicht das Lösen von Jod in Ethanol. In eine mit Reiskörnern befüllten Kristallisierschale werden Erbsen in einer regelmäßigen Struktur angeordnet. Auf einem Overhead-Projektor wird diese Schale geschüttelt. Anhand dieser Demonstration kann das Vermischen des Iods mit dem Ethanol dargestellt werden. Dieser Modellversuch wird im Anschluss erläutert. Im Modell steht die Erbse für ein Jodteilchen, die Reiskörner für die Ethanolteilchen. Es soll auch bei diesem Modellversuch herausgehoben werden, dass die Form, die Farbe und das Material für das Verständnis keine Bedeutung haben und dass es sich lediglich nur um ein Modell handelt, welches die Vorgänge im gezeigten Versuch verständlich darstellen soll (Barke, 2006)

In solcher Weise das Teilchenmodell zu veranschaulichen, ist eine Möglichkeit, SchülerInnen von ersten Sachmodellen zu Modellvorstellungen hinzuführen. Im Diagramm nach Steinbruch (siehe Abb. 5) wird diese Entwicklung von „rechts nach links“ geführt. Basierend auf einem Denkmodell zur Kristallstruktur oder Lösungen wählt man im folgenden Unterricht Versuche aus, die eine Interpretation des Teilchenmodells zulassen, wie zum Beispiel Lösungsvorgänge, Extraktion, Diffusion, Destillation, u. a. Für die Einführung von kleinsten Teilchen ist es nicht zweckdienlich chemische Reaktionen von Elementen zu Verbindungen

oder Metalle zu Legierungen heranzuziehen. Erst nach Einführung des Daltonschen Atommodell ist es zielführend, Synthesen von Wasser, Chlorwasserstoff u. a. aus den Elementen zu zeigen. Dieser Fall setzt voraus, dass jedem Element bzw. jeder Atomsorte eine eigene Kugel zugeordnet wird. Handelsübliche Molekülbaukästen berücksichtigen diese Prämisse. Bei der Einführung oder Anwendung des Teilchenbegriffs sollte man auf Redoxreaktionen verzichten, da das Teilchenmodell diese Reaktionstypen nicht ausreichend veranschaulicht (Barke, 2006).

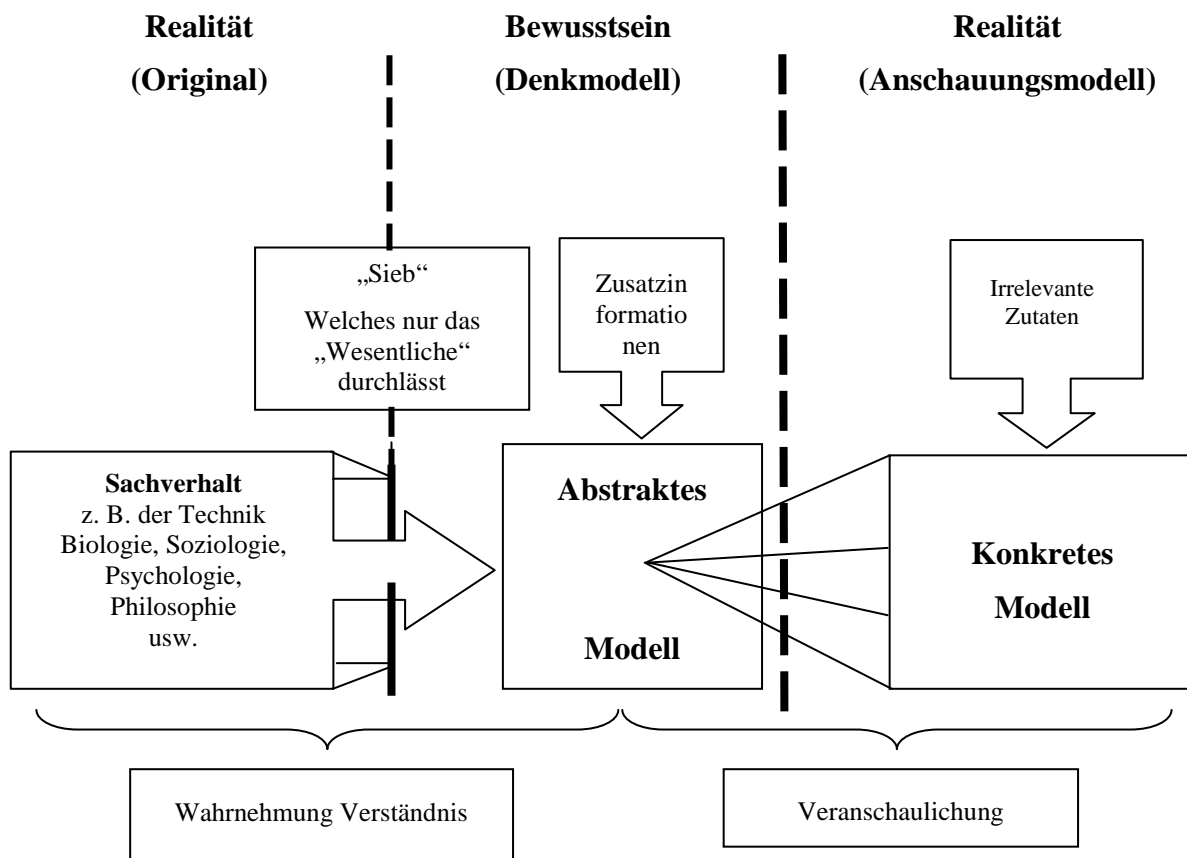


Abb. 5: Schema „Denken in Modellen“ nach STEINBRUCH, aus Barke (2006), S. 67

*„Schwefelteilchen sind gelb“, „Zuckerteilchen sind süß“, „Wasser ist flüssig und besteht aus „Schwefel-Teilchen sind gelb.“, Zucker-Teilchen sind süß.“, „Wasser ist flüssig und besteht aus flüssigen Teilchen.“, „Eisteilchen sind fest.“, „Kohlenstoffteilchen brennen im Grillfeuer, sie verglühen und werden zu Asche“ (Barke, 2006, S. 75).*

So formulieren SchülerInnen, die in der Verwendung des entsprechenden Fachvokabulars noch nicht sattelfest sind. Sie springen ständig zwischen Begriffen, die sie aus der „sichtbaren Welt“ kennen, und Begriffen aus dem atomaren Bereich hin und her. Diese Schwierigkeit tritt auch auf, wenn man der Frage nach der Teilbarkeit eines Stoffes nachgeht (Barke, 2006)

Lautet die Antwort auf die Frage, ob ein Stück Kupferkabel unendlich oft teilbar ist, dass die Teilbarkeit Grenzen hätte, dann gehen die Befragten wie die „alten Griechen“ zur Zeit Demokrits meistens davon aus, dass eine kleinste mögliche Stoffportion existiert. Sobald man von Diamant und Graphit als zwei völlig unterschiedliche Substanzen mit unterschiedlichen Eigenschaften spricht, die aber beide aus dem Element Kohlenstoff bestehen, wird offensichtlich, dass stoffliche Eigenschaften nicht auf kleinste Teilchen übertragbar sind. Die Vorstellung, dass ein „Stoff“ gleichzeitig „schwarz“ und „farblos“ sein kann, dass er gleichzeitig zwei „verschiedene Dichten“ haben kann, war für lange Zeit nur sehr schwer vorstellbar (Barke, 2006)

*Erst die Röntgenstrukturanalyse des 20. Jahrhunderts hat allerdings letztlich bewiesen, dass sich beide Kohlenstoffmodifikationen durch unterschiedliche chemische Strukturen unterscheiden, dass also unterschiedliche Anordnungen der C-Atome im Diamant und im Graphit für die Unterschiede in den Eigenschaften verantwortlich sind (Barke, 2006, S. 76).*

SchülerInnen werden nach Einführung des Teilchenmodells bestimmte Atome mit bestimmten Farben in Verbindung bringen, die sie aus der Arbeit mit den Molekülbaukästen übernommen haben. Hier hat man „hausgemachte“ Fehlvorstellungen produziert. Diesen unerwünschten Vorstellungen kann man begegnen, indem man bestimmte Farbkennzeichnung im Unterricht vermeidet. So kann verhindert werden, dass spezifische Stoffeigenschaften mit bestimmten Farben verbunden werden (Barke, 2006).

#### **4.2.5 Sachanalyse zum Thema „Teilchenmodell“**

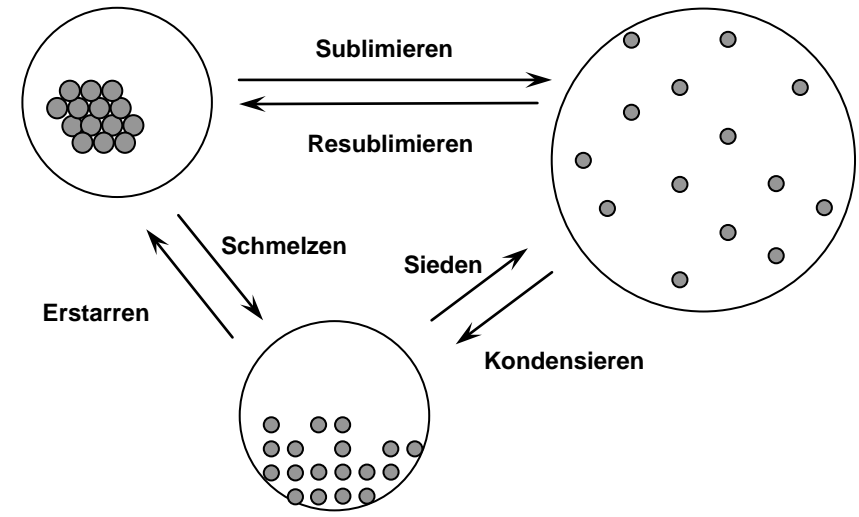
Im Unterricht verwenden wir Kugelpackungen oder Raumgitter zur Veranschaulichung eines Kristallaufbaus. Diese Modellvorstellung ist auch auf die Kristalle von Diamant und Graphit übertragbar. In beiden Raumgittern ist der Unterschied in der Anordnung der Kohlenstoffteilchen signifikant. Im Unterricht sollen die SchülerInnen die Erkenntnis gewinnen, dass ein winziger Kristall, der nur wenige Milligramm wiegt, eine ungeheuer große Zahl an Teilchen enthält. Wenn wir davon ausgehen, dass ein Diamant mit der Masse von 12 g die unvorstellbare Anzahl von einem mol C-Atomen beinhaltet ( $6 \times 10^{23}$  C-Atome), dann finden wir in einem Kristallsplitter von 12 mg immer noch die unvorstellbar große Anzahl von  $6 \times 10^{20}$  C-Atomen und in 0,12 mg sind es weiterhin  $6 \times 10^{18}$  C-Atome. Die üblichen Anschauungsmodelle von Diamantkristallen, wie sie in vielen Schulen vorzufinden sind, beinhalten 20 bis 50 Kugeln. Diese Form eines Raumgitters weicht daher sehr stark von der Wirklichkeit ab und stellt nur einen sehr winzigen Ausschnitt aus der spezifischen Anordnung von einer unvorstellbar großen Anzahl von C-Atomen im sichtbaren Kristall dar. Zusätzlich

sollten die SchülerInnen darüber informiert werden, dass unter sehr hohen Temperaturen und Drücken aus Graphitkristallen kleine Diamantkristalle hergestellt werden. Anhand dieser Erläuterung wird noch deutlicher, dass es keine spezifischen Diamant- oder Graphitteilchen gibt. Aus Kohlenstoff können beide Modifikationen aufgebaut werden, also Graphitkristalle in schichtförmiger Anordnung (daraus resultiert die Schmiereigenschaft) und Diamantkristalle in tetraedischer Anordnung mit anderen Bindungsverhältnissen (daraus resultiert die größere Härte). Hier ist deutlich ersichtlich, dass die Eigenschaften einer Substanz weniger von der Art der beteiligten Teilchen, sondern vielmehr von der räumlichen Anordnung der Teilchen abhängt (Barke, 2006).

Neben den Vorstellungen der SchülerInnen zu „farbige Teilchen“ haben diese oft auch unscharfe Vorstellungen zu kleinsten Teilchen, die „fest, flüssig oder gasförmig“ sind. Aus diesem Grund sollten LehrerInnen vermeiden, Einzelkugeln zur Veranschaulichung eines Stoffs oder eines Flüssigkeitstropfen zu verwenden. Die Verwendung einer ausreichend großen Zahl von Kugeln ermöglicht eine überzeugende Darstellung der Aggregatzustände „fest, flüssig und gasförmig“ (Barke, 2006)

*Im abgebildeten Modell (siehe Abb. 6) sind 14 Kugeln gewählt worden. Sie stellen nicht nur die regelmäßige symmetrische Anordnung von Teilchen in einem Kristall dar, sondern auch die Anordnung in Flüssigkeiten und entsprechenden Gasen – dieselben Teilchen ordnen sich nur in anderer Weise an, bewegen sich selbständig und unterschiedlich schnell. Eine Besonderheit stellt die Volumenvergrößerung beim Übergang von einer Flüssigkeit zu ihrem Dampf dar. Wählt man Ethanol als Flüssigkeit und gibt einige Tropfen in einen Luftballon, verschließt ihn und taucht ihn in den Dampf kochenden Wassers, so bläht er sich auf, beim Abkühlen schrumpft der Luftballon auf seine ursprüngliche Größe zusammen. Ethanol-Teilchen füllen im Ethanoldampf ein viel größeres Volumen aus als in der Flüssigkeit. Sie werden dabei nicht größer, wie Schüler zunächst annehmen, sondern bewegen sich viel schneller. Ein diesbezügliches Modell soll beides zeigen: Volumenvergrößerung und Teilchenbewegung (Barke, 2006, S. 77f.)*

In diesem Demonstrationsversuch, der auf einem Overhead-Projektor durchgeführt werden kann, wird die Schale mit den Kügelchen zunächst nur leicht in Schwingung versetzt. Bei etwas stärkerer Bewegung bleiben die Kügelchen zwar zusammen, dennoch kommt es zu einem ständigen Wechsel zwischen den Kugelnachbarn. Bei noch stärkerer Bewegung sind die Abstände zwischen den Kügelchen so groß, dass der gesamte Raum ausgefüllt wird und daher auch Druck auf die Gefäßwand ausgeübt wird (Barke, 2006).

| Aggregatzustand                        | fest  | flüssig                 | gasförmig                            |
|--|---|-------------------------|--------------------------------------|
| Ordnung der Teilchen                   | regelmäßige Anordnung   | unregelmäßige Anordnung | völlig ungeordnet                    |
| Abstand zwischen den Teilchen          | Teilchen berühren sich  | Teilchen berühren sich  | Sehr schnell, ständige Zusammenstöße |
| Anziehungskräfte zwischen den Teilchen | wirken sehr stark   | wirken stark            | sind wirksam                         |
| Darstellung im Modell                  |  |                         |                                      |

**Abb. 6: Anschauungsmodell zu den Aggregatzuständen (Barke, 2006, S. 74)**

*Die Bewegung der Glasschale durch den Experimentator muss als irrelevante Zutat erkannt werden: die Teilchen in einer Materieportion bewegen sich selbständig, bei steigender Temperatur immer heftiger. Was befindet sich zwischen den Teilchen des Dampfs? Im Modell befindet sich Luft zwischen den Stahlkugeln, eine irrelevante Zutat! (Barke, 2006, S. 78)*

### 4.3 Teilchen und der „Horror vacui“

Wenn im Chemieunterricht das Teilchenmodell eingeführt wird, kommt auch der Moment, wo LehrerInnen den luftleeren Raum zwischen den Teilchen erklären müssen. Die SchülerInnen reagieren erstaunt bis ungläubig auf die Behauptung. LehrerInnen hören als Reaktion in vielen Fällen folgende Antworten:

*„Der Raum zwischen den Teilchen kann nicht leer sein bzw. ist darin nicht nichts vorhanden“, „Ich kann mir nicht vorstellen, dass dort nichts ist“, „Wenn keine Luft vorhanden wäre, müsste dort ein Vakuum herrschen, und das kann ich mir nicht vorstellen.“, „Irgendwas muss ja vorhanden sein, es gibt keinen Ort, wo überhaupt nichts ist“, „Der Raum kann ja nicht gar nichts enthalten“, „Irgendwas muss doch da sein!“ (Barke, 2006, S. 78)*

Wenn SchülerInnen aufgefordert werden den Aufbau von Stoffen zu skizzieren, dann werden Quadrate den Kreisen für die Modelle bevorzugt. Als Begründung bekommt man die Antwort, dass die Teile lückenlos aufeinander liegen müssen, was bei gezeichneten Kreisen nicht der Fall ist, da hier Hohlräume vorhanden wären, die es aus der Sicht der befragten SchülerInnen nicht geben darf. Der sogenannte „Horror vacui“, also das Nichts, bereitet den SchülerInnen bei der Vorstellung größte Schwierigkeiten. Aus diesem Grund werden Quadrate als Symbole verwendet, die ihnen über die Barriere hinweg helfen (Barke, 2006).

Es ist bei der Vermittlung des Teilchenmodells neben der Einführung kleinster Teilchen selbst auch der materiefreie Raum zwischen den Teilchen zu diskutieren:

*„...der leere Raum fehlt offensichtlich in unserem Teilchenmodell, dieser leere Raum ist doch eigentlich das Unglaubliche an der Diskontinuumsvorstellung, viel mehr als die Stückelung der Materie“ (Fladt, 1984, S. 354).*

#### 4.3.1 Sachanalyse zum Thema „Horror vacui“

Damit der materiefreie Raum begriffen werden kann, muss demonstriert werden, dass Luft eine Dichte besitzt (siehe Versuch 2, S. 32). In einem weiteren Versuch kann demonstriert werden, wie Verbrennungsreaktionen in einer abgeschlossenen Apparatur ablaufen (siehe Versuch 4, S. 35). Damit kann gezeigt werden, dass Luft ein Gemisch aus mehreren Gasen ist (Barke, 2006)

Luftverdünnte, luftfreie und materiefreie Räume kann man demonstrieren, indem man den SchülerInnen die Masse einer definierten Menge an Luft durch Rückwägen eines zunächst

evakuierten Glaskolbens veranschaulicht (siehe Versuch 2, S. 32). Darüber hinaus kann man mit den SchülerInnen über ihre Erfahrungen mit „vakuumverpackten“ Lebensmitteln diskutieren. Die SchülerInnen erkennen, dass man durch das Absaugen von Luft einen „materiefreien“ Raum erzeugen kann. Wenn die SchülerInnen einmal die Bedeutung eines Vakuums verstanden haben, dann können sie sich auch luftverdünnte und luftfreie Räume besser vorstellen. Das Absenken des Luftdrucks kann man mit der Hilfe eines Kolbenprobers demonstrieren. Zieht man die Hülse heraus, dann merkt man den spürbaren Widerstand, der durch den äußeren Luftdruck verursacht wird. In einem Demonstrationsversuch hat man die Möglichkeit, einen Teil der im Kolbenprober enthaltenen Luft durch ein anderes Gas zu ersetzen. Die Luft wird verdünnt. Die SchülerInnen erkennen, dass der Begriff luftfreier Raum zwei unterschiedliche Bedeutungen haben kann. Einerseits wird damit das Vakuum gemeint, andererseits wird der Kolbenprober mit einem anderen Gas gefüllt, welches die darin vorhandene Luft ersetzt. Schlussendlich sollten LehrerInnen den Unterschied zwischen den Begriffen „leer“ und „nichts“ klar machen. Ein Becherglas, vor den Augen der SchülerInnen pneumatisch mit Luft gefüllt, nennen wir umgangssprachlich ein „leeres Glas“, obwohl es mit Luft gefüllt ist. Will man tatsächlich ein leeres, also materiefreies Glas, dann muss man es verschließen, mit einem Hahn bestücken und anschließend die Luft absaugen (Barke, 2006)



**Abb. 7:** Gerät zur kinetischen Gastheorie

Nachdem das Vakuum experimentell eingeführt wurde, ist es zielführend, die SchülerInnen mit dem materiefreien Raum, der sich zwischen den Teilchen eines Gases befindet, bekannt zu machen. Dafür bietet sich das Luftballonexperiment, das auf Seite 61 beschrieben wird, an. Aus diesem Experiment können die SchülerInnen schließen, dass es sich beim Luftballon um ein abgeschlossenes Gefäß handelt, aus dem weder Substanz entweichen konnte, noch wurde etwas hinzugefügt, was bedeutet, dass immer die gleiche Menge an Ethanol vorhanden war. Durch die starke Bewegung der Ethanolteilchen haben sich die mittleren Abstände untereinander vergrößert und

aufgrund dessen hat sich die gleiche Anzahl von Ethanolteilchen auf das sehr viel größere Dampfvolumen, nämlich um den Faktor 1000, vergrößert. Aus der beobachteten Volumenänderung kann man schließen, dass die mittlere Weglänge im Mittel das 10-fache des Teilchendurchmessers beträgt. Man sieht, dass die entstandenen Zwischenräume durch



die starke Bewegung der Teilchen gebildet wurden und nicht, wie so oft fälschlicherweise angenommen, von Materie ausgefüllt wurde, was wiederum bedeutet, dass die Zwischenräume materiefrei sind (Barke, 2006)

Die Volumenvergrößerung kann durch ein Modellexperiment zur Teilchenbewegung bei Gasen vertieft werden, indem man das „Gerät zur kinetischen Gastheorie“ den SchülerInnen vorstellt. In dieser Apparatur befinden sich Stahlkugeln, die auf einer vibrierenden Bodenplatte liegen. Die Platte wird über einen Motor angetrieben. Hier ist wieder besonders auf den Modellcharakter hinzuweisen, da die Teilchenbewegung von einem Motor verursacht wird, was bei realen Gasen nicht der Fall ist, da sie sich selbständig bewegen. Außerdem befindet sich in den Zwischenräumen des Modells Materie, was bei einem realen Gas ebenfalls nicht vorhanden ist. Befindet sich an der Schule kein Gerät wie oben beschrieben, so kann man sich auch mit kleinen Stahlkugeln und einer großen Petrischale behelfen. (Barke, 2006)

*Trotz aller methodisch richtigen Bemühungen muss man damit rechnen, dass der Horror vacui bei Schülern wie bei Erwachsenen immer wieder hervortreten kann - insbesondere verbal zeigen sich oft Schwierigkeiten in der Vorstellung vom „Nichts“. So formulierte ein gestandener Studienrat für Physik seiner Primaner: „Stellen sie sich vor, der ganze Raum hier wäre mit Vakuum gefüllt!“ (Barke, 2006, S. 82).*

#### **4.4 Kleinste Teilchen- der Oberbegriff für Atome, Ionen und Moleküle**

Der Begriff „Teilchen“ ist äußerst vielfältig in seiner Bedeutung. In der Alltagssprache kann eine kleine Stoffportion Eisenfeilspäne auch als Eisenteilchen gesehen werden. Andererseits wird nach der Einführung des Atombegriffs die Begriffsvielfalt um das Teilchen noch größer. Plötzlich sind für die Lernenden die H-Atome und O-Atome die „kleinsten Teilchen des Wassers“. Für unkritische SchülerInnen ist daher nichts nahe liegender, als dass beim Kochen von Wasser „Wasserstoff und Sauerstoff entweichen“ (Osborne & Cosgrove, 1983).

Liegt der Atombegriff vor und wird zur „Abkürzung“ das Chlor-Atom lediglich mit „Chlor“ bezeichnet, dann kommt es zu Aussagen wie „Im Chlorwasserstoffteilchen sind Chlor und Wasserstoff enthalten“. So etwas führt zur Verwirrung. SchülerInnen beginnen dann darüber nachzudenken, in welcher Weise kleine Stoffportionen Wasserstoff (brennbar) und Chlor (grün und giftig) im Chlorwasserstoffteilchen vorhanden sind. So etwas macht es aber um ein Vielfaches schwieriger, die Begriffe Teilchen, Atom, Molekül oder Ion frei von Präkonzepten zu verstehen (Barke, 2006).

#### 4.4.1 Sachanalyse zum Thema Atome, Ionen und Moleküle

*Der wissenschaftliche Teilchenbegriff muss der submikroskopischen Ebene zugeordnet bleiben - er sollte nicht für kleine Stoffportionen verwendet werden. Man mag auf der makroskopischen Ebene von Eisenfeilspänen, von Schwefelkriställchen, von Wassertröpfchen oder von Gasbläschen - der Teilchenbegriff sollte somit ohne Schwierigkeiten für den Bereich der Stoffe umgangen werden. Den Jugendlichen wird somit deutlich gemacht, dass das kleinste Teilchen für den nicht sichtbaren Bereich der Modelle reserviert bleibt: Wasser-Teilchen, den Zucker-Teilchen und den Ethanol-Teilchen (Barke, 2006, S. 84)*

Der Teilchenbegriff findet nicht nur auf der Ebene des Teilchenmodells Verwendung, sondern dient auch zur Bezeichnung von Teilchen wie Atome, Ionen und Moleküle. Wird im Unterricht nach den Teilchenarten in einem Kochsalzkristall gefragt, dann erwarten sich LehrerInnen die Antwort: „Natrium-Ionen und Chlorid-Ionen“ Auf die Frage nach den Teilchenarten in einer Zuckerlösung sollte die erwartete Antwort folgendermaßen lauten: „Zuckermoleküle und Wassermoleküle“ (Barke, 2006)

*Es ist nach der Einführung des Daltonschen Atombegriffs unsinnig, nach den kleinsten Teilchen eines Wassermoleküls zu fragen und „H-Atome und O-Atome“ als Antwort zu akzeptieren. Der Teilchenbegriff sollte immer gebunden sein an Einheiten, die sich selbständig in einer Substanz bewegen: Ne-Atome im Neongas,  $\text{Na}^+$ -Ionen und  $\text{Cl}^-$ -Ionen in der Kochsalzschmelze,  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle in Wasser, H- und O-Atome bewegen sich im  $\text{H}_2\text{O}$ -Molekül nicht unabhängig voneinander, sondern sind darin gebunden. Zudem ist die Frage nach kleinsten Teilchen eines Wasser-Teilchens semantisch ein Widerspruch. Es lässt sich allerdings die Frage beantworten, aus wie viel Atomen das  $\text{H}_2\text{O}$ -Molekül besteht: „aus 2 H-Atomen und 1 O-Atom“ (Barke, 2006, S. 84).*

#### 4.4.2 Versuche zu den Themen Teilchenkonzept, „Horror vacui“, Atome, Ionen und Moleküle

Naturwissenschaftliche Phänomene und Erscheinungen auf submikroskopischer Ebene werden in der Regel durch Modelle erklärt. Die folgenden Versuche sollen die SchülerInnen in ihren Vorstellungen über den Aufbau der Materie unterstützen.

##### **Versuch 5: Züchten von Alaunkristallen**

**Problem:** Warum haben Kristalle gerade und glatte Flächen? Der aus einer gesättigten Lösung gezüchtete Kristall ist nicht bearbeitet worden. In der Diskussion über die geraden Kanten und die glatten Flächen, sollen die SchülerInnen mit Hilfe der LehrerInnen zu der

Erkenntnis gelangen „dass der Alaunkristall aus kleinsten Teilchen besteht, die nach einem bestimmten Bauplan im Kristall angeordnet sind.“ (Barke, 2006, S. 88)

**Material:** Kristallisierschale, 2 Bechergläser, Trichter, Filterpapier, Glasstab, Nähgarn, Alaunsalz ( $(KAl(SO_4)_2 \times 12H_2O)$ )

**Durchführung:** Im Becherglas werden 40g Alaun in 200ml warmem Wasser gelöst. Die Lösung lässt man abkühlen(dabei kristallisiert ein Teil des Alaunsalzes wieder aus, die Lösung ist gesättigt). Die gesättigte Lösung wird in das zweite Becherglas filtriert, ein Teil der Lösung in die Kristallisierschale gegeben. Nach zwei Tagen haben sich in der Schale einige oktaederförmige Kristalle gebildet. Der beste Kristall wird an einem Faden befestigt und so am Glasstab in die gesättigte Lösung gehängt, dass er vollständig eintaucht. Nach einigen Tagen werden zusätzlich Kristalle am Faden entfernt, die Lösung gegebenenfalls nochmals filtriert. Gelegentlich wird gesättigte Lösung derselben Temperatur nachgegeben (Barke, 2006, S. 88).

Wenn man für den Unterricht plant, einen oder mehrere Kristalle zu züchten, sollte man bedenken, dass es mehrere Wochen dauert, bis man einen Kristall von einigen Zentimetern Kantenlänge erhalten hat.

**Beobachtung:** Über Wochen und Monate wächst der Kristall bis zu faustgroß, seine Form ist die eines Oktaeders. Seine Kanten sind exakt gerade, die Flächen sind glatt, die Winkel sind zwischen den Flächen konstant (Barke, 2006, S. 88)

### Versuch 6: Kugelpackungsmodell für den Alaunkristall „Oktaedermodell“

**Problem:** Die Erklärung für die symmetrische Oktaederform des Alaunkristalls ist seine chemische Struktur, die sich beschreiben lässt als kubische Packung hydratisierter Kalium-Ionen, deren Oktaeder- und Tetraederlücken mit hydratisierten Aluminium-Ionen bzw. mit Sulfat-Ionen besetzt sind. Geht man im Sinne des einfachen Teilchenmodells von

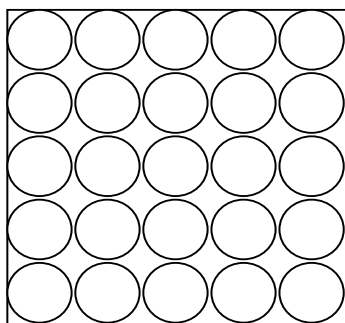


Abb.8: Klebeschema

Alaunteilchen aus und wählt als Modell eine Kugel, dann lässt sich die didaktisch vereinfachte Struktur als kubisch dichte Kugelpackung gleicher Kugeln darstellen, die vom Quadratmuster ausgeht. Eine solche Packung lässt sich in Oktaederform aufbauen und wird bei der Gegenüberstellung mit dem Originalkristall offensichtlich als Modell erkannt.

**Material:** 100 Kügelchen (Durchmesser 20 – 30 mm, Material: Holz, Kunststoff, Zellstoff), geeigneter Klebstoff

**Durchführung:** Es wird im Quadratmuster eine Schicht von  $5 \times 5$  Kugeln (siehe Abbildung) geklebt, des Weiteren werden zwei Schichten mit  $4 \times 4$  Kugeln, mit 3 und mit 2 Kugeln geklebt. Diese Schichten werden aufeinandergesetzt. Den Abschluss bilden zwei einzelne Kugeln.

**Beobachtung:** Oktaederformen vom Alaunkristall und von der Kugelpackung sind gleich (Barke, 2006, S. 88).

### **Versuch 7: Elektrostatische Kräfte für ein Bindungsmodell**

**Problem:** In seiner Vorstellung akzeptiert der Schüler die Kugelpackung mit durch Klebstoff fixierte Kugeln, wird aber nach Anziehungskräften fragen, die die Teilchen im Originalkristall zusammen halten. (Barke, 2006, S. 89)

Reibt man einen Kunststoffstab an einem Wolltuch oder ein Stück Fell, dann kann man kleine Papierstücke damit vom Tisch abheben. Diese Kräfte werden elektrostatische Kräfte genannt und sind für das Zusammenhalten der kleinsten Teilchen im Kristallverband verantwortlich (Barke, 2006).

**Material:** Kunststoffstab, kleine Papierstücke, ein Wolltuch, Luftballone

**Durchführung:** Kunststoffstab und Wolltuch werden stark aneinander gerieben und anschließend den Papierstücken am Tisch genähert.

Die Luftballone werden aufgeblasen, anschließend an den Haaren der Mitschüler gerieben.

**Beobachtung:** Der Kunststoffstab zieht die Papierstücke stark an. Die Ballone sind ebenfalls elektrostatisch geladen und ziehen die Papierstücke an (Barke, 2006).

### **Versuch 8: Jod in Ethanol**

**Problem:** Sowohl Jod als auch Ethanol bestehen aus Molekülen. - in der Modellvorstellung auf der Grundlage des Teilchenmodells kann deshalb sachgemäß mit Iod- und Ethanol-Teilchen argumentiert werden. Um das Experiment über das Lösen hinaus interessanter zu machen, soll zusätzlich die größere Dichte der Lösung gegenüber dem Lösungsmittel gezeigt werden. Man kann des Weiteren das Lösen von Jod in Benzin und die violette Farbe dieser Lösung demonstrieren: da allerdings das Benzin ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen darstellt, ist das Interpretieren mit dem Teilchenmodell komplexer.

**Material:** Standzylinder (schmale Form) oder Küvette, Glasrohr mit feiner Spitze, Pinzette, Iod, Ethanol (bzw. Brennspiritus)

**Durchführung:** Der Standzylinder wird mit Ethanol gefüllt, die Glaskapillare wird in ein Stativ eingespannt und zur Hälfte in das Ethanol eingetaucht. Ein Kristall Iod wird mit der Pinzette genommen und in das Glasrohr gegeben.

**Beobachtung:** Ein feiner Strahl einer braunen Flüssigkeit fließt aus der Kapillare und verteilt sich auf dem Boden des Gefäßes. Nach einiger Zeit ist die gesamte Flüssigkeit braun gefärbt (Barke, 2006, S. 92).

### **Versuch 9: Erbsen-Reis-Modell zum Lösen von Iod in Ethanol**

**Problem:** Sollen die Jugendlichen mit dem Versuch Nr. 8 den Teilchenbegriff erst kennen lernen, können sie nicht selbständig auf die Teilcheninterpretation kommen. Man muss aber nicht ausschließlich verbale Erklärung anbieten, sondern kann - nach erster Diskussion der Beobachtungen - kommentarlos dieses Modellexperiment mit der Erbsen als Modell für das Iod-Teilchen, und dem Reiskorn als Modell für das Ethanol-Teilchen anschließen und die Jugendlichen auffordern, Aspekte des Modells dem Original des Versuch 8 zuzuordnen.

**Material:** große Glasschale, OH-Projektor, Erbsen- und Reiskörner

**Durchführung.** Der Boden der Glasschale wird zu drei Viertel mit Reiskörnern bedeckt. In der Mitte werden die Reiskörner zur Seite geschoben, dafür 16 bis 25 Erbsen in quadratischer Form angeordnet (Modell für den Iodkristall). Die Glasschale wird vorsichtige zitternd bewegt, bis sich alle Erbsen über den Glasschalenboden verteilt haben.

**Beobachtung:** Zunächst bewegen sich die Reiskörner und Erbsen zitternd auf der Stelle, in kurzer Zeit vermischen sie sich in der Glasschale und verteilen sich gleichmäßig auf der ganzen Fläche (Barke, 2006, S. 92).

### **Versuch 10: Volumenzunahme beim Verdampfen von Ethanol**

**Problem:** Die dramatische Volumenzunahme beim Verdampfen einer Flüssigkeit ist zu erklären durch die weitaus heftigere Bewegung der kleinsten Teilchen und die daraus resultierenden größeren Abstände der Teilchen zueinander: die freie Weglänge der Moleküle in einem Gas nimmt mit der Temperatur zu. Schüler unterliegen dem „horror vacui“ und haben eher die Vorstellung, dass die Teilchen beim Verdampfen größer werden und damit das größere Volumen ausfüllen. Um sie davon zu überzeugen, dass sich die Teilchengröße nicht ändert, wird der Dampf wieder kondensiert und gezeigt, dass nach dem Kondensieren dasselbe Volumen resultiert wie vor dem Verdampfen. Die Diskussion mag die Jugendlichen davon überzeugen, dass der Raum zwischen den Teilchen eines Gases materiefrei ist.

**Material:** 1000 ml Becherglas, Dreibein, Drahtnetz, Brenner, Luftballon, Ethanol (KP: 78°C)

**Durchführung:** Der Luftballon wird mit 2ml Ethanol gefüllt und durch einen festen Knoten verschlossen. Im Becherglas werden 500ml Wasser zum Kochen gebracht. In das siedende Wasser wird der Luftballon gegeben. Später wird der Ballon wieder aus dem Wasser entfernt.

**Beobachtung:** Der Luftballon bläht sich zu voller Größe auf und bleibt im kochenden Wasser bei dieser Größe. Wird er aus dem Wasser entfernt, schrumpft er auf die ursprüngliche Größe zusammen, dieselbe kleine Menge Ethanol ist wie zuvor im Ballon erhalten geblieben (Barke, 2006, S. 94).

## 4.5 Konsequenzen für LehrerInnen

Die oben genannten Studien haben gezeigt, dass nur ein kleiner Anteil der untersuchten 16-jährigen SchülerInnen ein entwickeltes Teilchenkonzept verwendet, um physikalische und chemische Phänomene zu erklären. Das kontinuierliche Modell der Materie ist mächtig, so dass trotz Unterrichts die meisten SchülerInnen immer nur ein sehr vereinfachtes Teilchenmodell unter Beibehaltung ihrer naiven Ansicht anwenden (Kind, 2004).

Novick und Nussbaum haben 1978 in ihrer Studie festgestellt:

*„Zumindest wurden von den SchülerInnen die Aspekte des Teilchenmodells aufgenommen, welche die meiste Dissonanz mit ihrer sinnlichen Wahrnehmung der Materie hatten“ (Novick & Nussbaum, 1978, S. 280 ).*

Die Vorstellung über die Existenz von leerem Raum zwischen den Teilchen ist problematisch, da die Unterstützung einer sinnlichen Evidenz fehlt. Stavy (1990a) ist der Meinung, dass visuelle Beweise dazu beitragen können, die Ideen der SchülerInnen zu ändern, da nur dann die Unzulänglichkeit des naiven Modells offensichtlich wird.

SchülerInnen erklären, dass Anziehungskräfte zwischen Gasteilchen präsent sind und dass diese Gasteilchen verklumpen können. Später differenziert ein Kind diese Aussage, um die gleichmäßige Verteilung der Gasteilchen in Bezug auf die abstoßenden Kräfte zu erklären. Im Gegensatz hierzu können Kräfte vorhanden sein, wenn der Stoff gasförmig ist, jedoch nicht im festen Zustand. Diese Ideen können zu Schwierigkeiten führen, wenn die SchülerInnen ein Verständnis für chemische Bindungen bekommen sollen.

SchülerInnen schreiben Teilchen makroskopische Eigenschaften zu. In ihrer Vorstellung können Teilchen explodieren, brennen, sich zusammenziehen, expandieren und/ oder ihre Form verändern. Dieses Denken verhindert das Verständnis von der Natur einer chemischen Reaktion.

Wenn wir ehrlich zu uns selbst sind, dann meinen wir mit der Unsichtbarkeit der Teilchen, dass wir uns im „Geist“ die Materie als kontinuierlich vorstellen. Es muss im Unterricht

erwähnt werden, dass auch die Wissenschaft selbst bis vor kurzem keine Vorstellung über die Teilchen hatte bzw. den Aufbau der Materie nicht verstanden hat. Dies erstreckte sich über einen Zeitraum von fast 2000 Jahren, bis die Idee der Atome im frühen 19. Jahrhundert angenommen wurde. Die Implikation daraus ist, dass wir nicht erwarten können, dass Kinder ihre Gedanken über Nacht ändern, wenn die Wissenschaft so lange gebraucht hat, um diese "Entdeckung" zu machen. Kinder können die Existenz von Teilchen ohne weiteres akzeptieren, aber es kann sehr lange dauern, bis SchülerInnen dieses Modell auf das Verhalten der Materie übertragen.

LehrerInnen sollten ihren SchülerInnen eine Vorstellung von der Größenordnung einzelner Gegenstände geben, indem sie eine Reihe von Mikroskop-Bildern von kleinen Gegenständen, die wir normalerweise nicht sehen können, zeigen, zum Beispiel Details über Insekten, Bakterien oder Viren. Man sollte die Frage stellen, woraus diese Organismen oder Gegenstände bestehen (Moleküle bzw. Atome). Daher müssen Atome noch viel kleiner sein als all die besprochenen Gegenstände. Man kann z. B. die Idee eines "atomoscope" einführen, ein spezielles Mikroskop, mit dem man Atome ansehen „könnte“. Oder man könnte den SchülerInnen die Idee geben, dass sie eine "molekulare Brille" tragen und daher Atome "sehen" können. Wie könnten Atome aussehen? Man könnte die Kinder bitten, ihre Ideen zu skizzieren. Dann führt der/ die Lehrer/ Lehrerin das Rastertunnelmikroskop (RTM oder engl. STM) als ein real life "atomoscope" ein. Die LehrerInnen zeigen anschließend die Bilder eines Rastertunnelmikroskops. Anschließend zeigen sie den SchülerInnen ein Stück Kupfer, das in so einem RTM aufgenommen wurde, und die SchülerInnen werden gebeten, sich die Atomstruktur vorzustellen. Damit die SchülerInnen die Größenordnungen abschätzen lernen, werden die Kinder aufgefordert, dass sie sich das Stück Kupfer auf eine Länge von 80 km gestreckt vorstellen und die Atome sollen dabei so groß wie ein Fußball, Tennis oder Golfball sein. Wenn die SchülerInnen diese Vorstellung einmal vor Augen haben, dann zeigen die LehrerInnen, dass ein Atom gerade einmal einen Durchmesser von einem Zentimeter hätte, was etwa der Größe einer Glasmurmeltiere, oder einer „Malteserkugel“ entspricht, also viel kleiner als irgendjemand gedacht hätte (Kind, 2004).

Die Teilchentheorie wird oft isoliert gelehrt, was viele SchülerInnen daran hindert, das Verhalten von Teilchen in anderen Situationen abschätzen zu können. Wenn es im Unterricht um chemische Reaktion oder Veränderung des Zustandes geht, sollte man den Terminus „Partikel“ verwenden. Man spricht dann von "Natrium-Partikeln" und "Chlor-Teilchen". Der Elementname wäre irreführend. Für den Augenblick wird das genügen. Die Unterschiede zwischen den Atomen und Molekülen können später eingeführt werden. Dieses Teilchenmodell kann mit Modellen oder Bildern der Teilchen unterstützt werden. Die

Einführung einfacher Symbol-Gleichungen sollte so bald wie möglich stattfinden. Neben der Schwierigkeit sich Teilchen vorstellen zu müssen, ist für SchülerInnen auch die Vorstellung schwer, dass Gase eine Masse haben (Kind, 2004).

LehrerInnen lassen die SchülerInnen sich folgende Situation vorstellen: "Wenn man Luft in einen weichen Fahrradreifen oder Fußball pumpt, was wird passieren? Wird die Masse erhöht, wird die Masse weniger oder bleibt sie gleich?". Die SchülerInnen sollen eine Antwort wählen, die sie für richtig halten. Anschließend wird das tatsächliche Experiment vorgeführt. Hierzu ist eine sehr sensible Waage erforderlich, um den Massenzuwachs zu zeigen. Die SchülerInnen werden in der Regel so reagieren, dass sie der Meinung sind, dass die Masse gleich bleibt, weil Gase "keine Masse" haben. Nach der Demonstration werden sie überrascht sein, da die Masse zugenommen hat. Solche und ähnliche Demonstrationen werden den SchülerInnen bei der Vorstellung helfen, dass Teilchen Masse haben! (Kind, 2004)

Beispiele wie diese können durchaus erweitert werden, um das Nachdenken über Teilchenbewegung zu fördern. Es könnte die Frage gestellt werden, was mit dem Druck im Inneren eines Reifens oder Fußballs passiert, wenn die Sonne an einem heißen Tag für längere Zeit auf diese Gegenstände scheint. Die LehrerInnen fragen nach, ob dieses Mal die Masse abermals zugenommen hat. Die Antwort sollte lauten, dass es diesmal keine Änderung der Masse gibt, da ja kein Gas mehr hinzugefügt worden ist. Wie ist es aber zu erklären, dass der Reifen/der Fußball härter als zuvor ist? Fragen und Antworten können verwendet werden, um Schüler auf die Idee zu bringen, dass der Druck sich im Inneren erhöht hat, und dass dies durch eine erhöhte Teilchenbewegung verursacht wurde (Kind, 2004).

SchülerInnen verwenden keine Teilchenvorstellungen konsequent um Veränderungen zu erklären. Wenn diese dann zum Ausdruck gebracht werden, sind sie häufig falsch. Beispiele hierfür sind die Vorstellung, dass Teilchen expandieren können, sich zusammenziehen, aufbrechen und / oder statisch sind.

SchülerInnen finden es schwierig, die Reversibilität der Zustandsänderungen abzuschätzen, sie haben die Vorstellung, dass jeder Prozess eigenständig abläuft. So kann Schmelzen und Gefrieren nicht zwingend mit dem gleichen Stoff in Verbindung gebracht werden – dabei ist es für die SchülerInnenvorstellung auch nicht sehr hilfreich, wenn man zu festem Wasser "Eis" sagt, flüssiges Wasser als "Wasser" bezeichnet und gasförmiges Wasser wiederum als "Dampf" nennt!

Wasser wird oft als Beispiel für die Erklärung der Aggregatzustände verwendet. Obwohl die SchülerInnen in der Lage sind, wissenschaftlich korrekte Ideen über das Verhalten von Wasser zu artikulieren, können sie die gleichen Überlegungen nicht auf andere Stoffe übertragen. Dies deutet darauf hin, dass die Regeln über die Zustandsänderungen des Wassers zwar ge-



lernt wurden, es zeigt aber auch, dass dieses Thema nicht verstanden wurde. Das Gelernte ist auf weitere Beispiele nicht übertragbar, sondern hängt an nur einem Beispiel.

SchülerInnen entwickeln Ideen über die Änderung der Aggregate, welche auch die Vorstellung beinhalten, dass Moleküle beim Kochen aufbrechen und sich bei der Kondensation wieder vereinigen. 12 bis 15-Jährige können nicht wissen, wo kondensierte Stoffe herkommen und sagen zum Beispiel, dass sie "durch das Glas kommen" oder "auf dem Glas kleben." (Kind, 2004).

Im Allgemeinen wird Eis als Stoff für die Untersuchungen von SchülerInnenvorstellungen verwendet. Etwa die Hälfte der 15-Jährigen denken, dass beim Wechsel von festem zu flüssigem Wasser, Eispartikel schrumpfen oder expandieren, schmelzen oder sich gar auflösen können. Das Schmelzen oder Auflösen wird häufig als Synonym verwendet. Vorstellungen über das Erstarren sind weniger gründlich untersucht. 16-Jährige scheinen die Vorstellung zu haben, dass das Erstarren und Schmelzen entgegengesetzte Vorgänge sind. Die Vorstellung, dass das Erstarren bei "kalten" Temperaturen auftreten muss, scheint eine fixe Vorstellung vieler SchülerInnen zu sein (Kind, 2004).

#### **4.5.1 Mögliche Aktivitäten um den SchülerInnenvorstellungen entgegenzuwirken**

In österreichischen Schulen ist der erste Physikunterricht in der Sekundarstufe in der 6. Schulstufe vorgesehen, Chemie wird ab der 7. Schulstufe unterrichtet. Im Physikunterricht sieht der Kernbereich zum Thema Teilchenmodell folgenden Themen vor:

Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schülerinnen und Schüler immer intensiver mit dem Teilchenmodell und seinen Auswirkungen auf diverse Körpereigenschaften vertraut gemacht werden. Sie sollen

- das Teilchenmodell aller Körper und wichtige Auswirkungen akzeptieren und verstehen;
- grundlegende Zusammenhänge zwischen dem Teilchenaufbau und grundlegenden Wärmephänomenen verstehen; Temperatur, Wärme, Wärmemenge und Wärmedehnung;

Der Chemieunterricht findet ab der 7. Schulstufe statt, wobei zum Thema Aufbau der Materie und Teilchenmodell folgende Themen im Kernbereich vorgesehen sind:

Aufbauprinzipien der Materie:

- Einsicht in ein altersgemäßes Teilchen- bzw. Atommodell
- Verstehen des Ordnungsprinzips der Elemente

- Kennenlernen der chemischen Symbol- und Formelsprache
- Erkennen der chemischen Bindung als Ursache für die Vielfalt der Stoffe
- Erwerb von Basiswissen über die Strukturen ausgewählter anorganischer und organischer Stoffe und einfachster Struktur–Wirkungsbeziehungen

Der Unterricht soll den SchülerInnen erlauben, Ideen zu entwickeln, die wiederum überprüft werden. Weiters sollen die Kinder die Möglichkeit haben, ihre Vorstellungen in einer „sicheren“ Umgebung auszudrücken. (Lehrplan AHS-Unterstufe Chemie, 2003)

SchülerInnen müssen die Änderung der Aggregatzustände für mehr als eine Substanz erleben. LehrerInnen sollten die Kinder ermutigen, die Zustandsänderungen von alltäglichen Substanzen wie z. B. Butter, Margarine, Schokolade, Tomatensuppe zu untersuchen. Anhand dieser Beispiele können die SchülerInnen lernen, dass Erstarrungspunkte nicht unbedingt "kalt" und Siedepunkte nicht immer "heiß" sein müssen. Die SchülerInnen können bei der Suche nach den Übergangstemperaturen zwischen den verschiedenen Aggregatzuständen mit einer Reihe von Stoffen experimentieren und die Ergebnisse auf einem Graphen festhalten, um die unterschiedlichen Werte für den gleichen Aggregatzustand zu zeigen.

Es sollten Molekülmodelle bei der Diskussion zu Zustandsänderungen verwendet werden. In einem Versuch wird vor den SchülerInnen Wasser gekocht. Anschließend bekommt jedes Kind einen Notizzettel, worauf notiert werden soll, was jede/r einzelne denkt, woher die aufsteigenden Blasen kommen, wenn das Wasser siedet. In weiterer Folge werden die Antworten eingesammelt und sortiert. Es werden wahrscheinlich die unterschiedlichsten Antworten dabei sein. Nun erklären ein paar SchülerInnen ihre Vorstellungen zu diesem Thema. Einige der Befragten werden antworten, dass die aufsteigenden Blasen "Dampf" seien. An dieser Stelle sollte der Lehrer/ die Lehrerin nachfragen, woraus Dampf besteht – aus Wassermolekülen. Ein anderer Teil wird vorschlagen, dass der Dampf aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht. Es hat sich gut bewährt, wenn ein Molekülmodell des Eises mit den Wasserstoffbrücken zwischen den Molekülen zur Veranschaulichung gezeigt wird. Anhand des Modells sind LehrerInnen in der Lage zu zeigen, dass beim Sieden die Wasserstoffbrücken brechen und nicht die Bindungen innerhalb der Wassermoleküle. Bei SchülerInnen, die bisher das "Moleküleaufbrech"-Modell verwendet haben, hat die oben beschriebene Vorgangsweise in der Regel eine Änderung der bisherigen Vorstellungen als Ergebnis (Kind 2004).

Es hat sich gezeigt, dass die Verwendung von Bildern zur Erklärung der Änderungen der Aggregatzustände sehr geeignet ist. Es sollte besprochen werden, was mit den Teilchen passiert. Dabei ist darauf zu achten, dass nicht von der Substanz (z. B. Schokolade, Eis, ...) gesprochen wird, sondern dass von "Butter-Teilchen", "Schokolade-Teilchen" oder "Tomatensuppe-

Teilchen" gesprochen wird. Es sollte erklärt werden, warum die Erstarrungstemperaturen sich bei den unterschiedlichen Substanzen unterscheiden. Aus Gründen der Einheitlichkeit und um Schwierigkeiten beim Lernen der chemischen Bindung vorzubeugen, hat sich der Begriff "intermolekulare Bindung" am besten bewährt und ist Begriffen wie "Anziehung" oder "Anziehungskräfte" vorzuziehen (Kind, 2004).

Die SchülerInnen müssen Heiz- und Kühlkreisläufe sehen, damit sie erkennen können, dass zu der Substanz nichts hinzugefügt oder entfernt wurde. Sie denken vielleicht, dass deshalb Änderungen aufgetreten sind, weil sich der Zustand der Substanz geändert hat. Wenn Butter zum Beispiel wieder erstarrt, wird sie nicht die gleiche Form haben, wie sie es vor dem Schmelzen hatte! Die Verwendung der Teilchentheorie hilft SchülerInnen zu erkennen, dass die Teilchen sich in einer anderen Weise anordnen, sodass sie nach dem Erstarren nicht mehr das gleiche Erscheinungsbild haben (Barker, 2001).

## **4.6 Fazit**

Über einen sehr langen Zeitraum waren LehrerInnen sich darüber einig, dass SchülerInnen ohne konkrete Vorstellungen oder Kenntnisse über naturwissenschaftliche Vorgänge in den Chemieunterricht kommen. Es herrschte der Glaube, dass eine gute Vorbereitung und Medien wie Filme und Modelle didaktisch ausreichend seien, um neue Begriffe einzuführen.

Wie in den vorangegangenen Kapiteln gezeigt wurde, sind im naturwissenschaftlichen Unterricht einige Faktoren zu berücksichtigen. LehrerInnen müssen sich verstärkt darüber Gedanken machen, welche Versuche sich für das jeweilige Kapitel eignen. Sie müssen sich darüber Gedanken machen, welche Alltagsvorstellungen, Präkonzepte u. ä. ihre SchülerInnen in den Unterricht mitbringen. Es wurde gezeigt, dass diese SchülerInnenvorstellungen die Arbeit der PädagogInnen nicht erleichtern, da diese Konzepte oft über Jahre gewachsen sind und nur sehr schwer und mit viel Geduld wieder aufzubrechen sind.

Es wurden für die Themenbereiche Teilchenvorstellungen und Gase einige Möglichkeiten gezeigt, wie man diesen Vorstellungen entgegenwirken kann, was bedeutet, dass eine Umstellung des Unterrichts notwendig ist.

In den folgenden Kapiteln soll gezeigt, dass die sprachliche Heterogenität, die aufgrund des Migrationshintergrundes vieler unserer SchülerInnen vorhanden ist, ebenfalls eine Erschwernis beim Lernen der Unterrichtsinhalte darstellt. Dies ist wiederum ein nicht unerheblicher Faktor für mögliche Verständnisprobleme, der im Rahmen der Unterrichtsplanung ebenfalls berücksichtigt werden muss. Es wird untersucht, ob es möglich ist, den SchülerInnenvorstellungen entgegenzuwirken und ob das neu erworbene Wissen

nachhaltig ist, oder ob nach einiger Zeit die alten Vorstellungen wieder vorhanden sind. Hierbei ist auch das vorhandene Setting ein wichtiger Parameter, da der Unterricht monoedukativ stattfinden wird. Es soll zusätzlich untersucht werden, ob es in den Ergebnissen zwischen der Mädchen- und der Knabengruppe Unterschiede gibt.

## **5. Gender: Mono- und koedukativer Unterricht**

Im Alltag ist man mit vielen Stereotypen konfrontiert. So ist es nicht verwunderlich, dass z. B. Stereotype, die Weiblichkeit mit den Eigenschaften wie Passivität und Emotionalität verknüpfen, ihren Weg in den Chemieunterricht gefunden haben. Ebenso finden wir männliche Stereotype, welche Eigenschaften wie Stärke und Aktivität beinhalten, vor. In nahezu jeder Kultur werden Stärke und Aktivität gegenüber Schwäche und Passivität als edlere Eigenschaften eingestuft. Wenn man die Geschichte der Menschheit im Bezug auf die Geschlechter betrachtet, dann wiederholt sich diese Gegenüberstellung immer wieder. Daher ist es auch nicht erstaunlich, dass so manche Vorstellung vom Wesen der Geschlechter auch im Chemieunterricht Einzug gehalten hat.

Aus den Daten der ROSE Studie (Schreiner & Sjøberg, 2004) ist ersichtlich, dass Berufsentscheidungen bei Jugendlichen aufgrund von Identitätsstrukturen stattfinden. Ein besonderes Interesse an Chemie oder Physik ist nicht von den fachlichen Leistungen der SchülerInnen abhängig, sondern vielmehr vom Gefühl kompetent zu sein. Aus der ROSE-Studie geht auch hervor, dass 14- bis 16-jährige SchülerInnen zwar die Naturwissenschaften für die Gesellschaft als wichtige erachten, jedoch empfinden sie den naturwissenschaftlichen Unterricht als nicht besonders interessant (Schreiner & Sjøberg, 2004)

In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Positionen in Bezug auf monoedukativen und koedukativen Unterricht diskutiert. Zum Schluss berichte ich über meine eigenen Erfahrungen mit monoedukativem Unterricht.

### **5.1 Koedukation versus Monoedukation**

Sozialpsychologische Untersuchungen von Hannover und Kessels (2002a) zum Thema „Einfluss des Image von Mathematik und Naturwissenschaften auf die schulischen Interessen und Leistungsentwicklung“ haben gezeigt, dass das individuelle Interesse an Naturwissenschaften nicht von bestimmten Bedingungen abhängig ist. In diesem Zusammenhang sprechen Hannover und Kessels von einem sozial geteilten Wissen. Es werden sogenannte Stereotypen oder Prototypen mit verschiedenen Unterrichtsfächern in Verbindung gebracht. Bei den Stereotype bzw. Prototypen geht man von der Annahme aus,

dass typische Inhalte und Unterrichtsskripts sowie Persönlichkeitsmerkmale und Verhaltensweisen der LehrerInnen von den TeilnehmerInnen bevorzugt oder abgelehnt werden. Leistungsdefizite im naturwissenschaftlichen Unterricht werden auf das schlechte Image von Mathematik, Physik und Chemie zurückgeführt. SchülerInnen bevorzugen solche Unterrichtsfächer bzw. zeigen Leistungsbereitschaft in den Fächern, die als relevant für die Entfaltung der eigenen Persönlichkeit gesehen werden. In einem sogenannte Selbst-Prototypen-Abgleich setzten die SchülerInnen den Prototyp zu sich selbst in Beziehung, den sie auch nach außen präsentieren wollen (Hannover & Kessels, 2002a).

In den 1980er Jahren wurde in Deutschland seitens der geschlechterbezogenen Schulforschung, der Fokus auf innerschulische Mechanismen gerichtet. Es wurden Lehrpläne untersucht, Schulbuchanalysen durchgeführt und Interaktionsstrukturen im Unterricht (z. B. das Feedbackverhalten von LehrerInnen) betrachtet. Weiters wurde die Interessensentwicklungen im naturwissenschaftlichen Unterricht und die Wirkung von Geschlechterstereotypisierungen zusammenhängend mit Interesse und Schulleistungen, Selbst- und Fremdkonzepten und Entwicklung von Selbstbewusstsein untersucht. Es wurden auch zahlreiche Programme zur Förderung von Mädchen in den Naturwissenschaften ins Leben gerufen. Mit den Ergebnissen aus der Geschlechterforschung sollten LehrerInnen in der Lage sein, das Verständnis für die geschlechtsbezogenen Gesichtspunkte des Chemieunterrichts zu erlangen. Diese Untersuchungen bieten die Möglichkeit für fachdidaktische Forschung, Förderkonzepte in Bezug auf monoedukativen Unterricht zu entwickeln (Prechtel, 2005).

Es gibt Untersuchungen wie z. B. von Dhindsa und Chung (2003) die zeigen dass Mädchen im monoedukativ geführten naturwissenschaftlichen Unterricht bessere Ergebnisse erzielen als im gemeinsamen Unterricht. Daher werden solche Ergebnisse manchmal als Begründung für die Einführung eines monoedukativen Unterrichts herangezogen. Trotz der Vielzahl von Studien, die mono- bzw. koedukative Schulen untersucht haben, gibt es nur wenige, die fachspezifische oder zeitweilige Trennung untersucht haben. Die Schulvergleiche sind sehr uneinheitlich in den Ergebnissen. Es zeigt sich grundsätzlich aber, je mehr Vergleichsparameter herangezogen werden, umso geringer sind die feststellbaren Unterschiede bei den Leistungen zwischen Buben und Mädchen (Faulstich-Wieland, 2004).

Harker (2000) führte eine Längsschnittstudie in Neuseeland durch. Hierbei wurden in der Sekundarstufe unter anderem die Leistungen in den Unterrichtsfächern Mathematik, Englisch und Naturwissenschaften untersucht. In diese Studie wurden die Daten nach Mädchen und Knaben getrennt ausgewertet. Außerdem wurden koedukative und geschlechtsgetrennte

Schulen überprüft. Die Ergebnisse zeigten keine besonderen Vorteile für den monoedukativen Unterricht.

Die Autoren meinen hierzu:

*„Our hypothesis, that states that boys and girls make more progress in single sex classes and schools cannot be sustained. On the contrary, in our study we find that boys make more progress for language (but not for mathematics) in coeducational classes”*  
(Van de gear, E., Pustjens, H., Van Damme J., De Munter, A. 2004 S. 318)

In einem Berliner Schulversuch haben Hannover und Kessels (2002b) an sieben Gesamtschulen die Schülerinnen und Schüler ( $N = 786$ ) einer achten Schulstufe im Physikunterricht in koedukative und monoedukative Gruppen eingeteilt. Die Untersuchung dauerte ein Schuljahr und sollte die Auswirkungen der Geschlechterzusammensetzung der Lerngruppen abschätzen. Zu Semesterende und am Schuljahresende wurde eine schriftliche Befragung durchgeführt. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass sich Mädchen aus monoedukativen Gruppen durch den Unterricht stärker angesprochen fühlten, sich aktiver am Unterricht beteiligten und mehr Spaß an der Bearbeitung von Physikaufgaben hatten. Die Schülerinnen gaben an, dass sie den Anforderungen des Physikunterrichts besser entsprechen konnten. Die Mädchen hielten ihre Begabung für die Physik für höher und belegten zum Beginn und zur Mitte des neunten Schuljahres häufiger einen Fortgeschrittenenkurs in Physik als ihre Klassenkameradinnen, die in koedukativen Gruppen unterrichtet wurden. Für die Knaben hatte die Geschlechtskonstellation der Lerngruppe keine Auswirkungen auf Motivation und Selbstkonzept. Bemerkenswert ist, dass die Buben die monoedukativ unterrichtet wurden, tendenziell seltener einen Fortgeschrittenenkurs in Physik wählten als jene, die koedukativ unterrichtet wurden. Basierend auf den oben genannten Ergebnissen wurde eine Empfehlung für eine Geschlechtertrennung im Physikunterricht ausgesprochen. Hannover und Kessels sind dennoch der Meinung, dass der Effekt des monoedukativen Unterrichts als nicht sehr groß einzustufen ist.

Betrachtet man die Ergebnisse der PISA-Studie 2006 dann ist ersichtlich, dass in Deutschland, in der Schweiz, in Österreich und auch in einigen anderen Ländern Buben im Bereich der naturwissenschaftlichen Kompetenz besser abschneiden als Mädchen. (Rönnebeck et. al. 2010)

Aufgrund dieser Ergebnisse wird man dazu verleitet, die Schuld für diese geschlechtsspezifischen Ungleichheiten bei der Gestaltung der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer zu suchen. Es muss bedacht werden, dass das Ausmaß an Physik und Chemieunterricht, der Zeitpunkt, wann diese Fächer zum ersten Mal unterrichtet werden, usw.

wesentliche Faktoren sind, die für diese Ungleichheiten verantwortlich sein können bzw. auch in der Lage sein können diese Ungleichheiten auszugleichen.

Die Geschlechterthematik ist sehr komplex und vielschichtig. Es gibt Aspekte wie die Auswahl der Inhalte und Methoden, die soziale Organisation, die Gestaltung der Interaktionen und die Art und Weise wie geprüft wird, die bedacht werden müssen, wenn Maßnahmen geplant sind, die zu einem geschlechtergerechten Unterricht führen sollen.

Für einen integrativen und geschlechtergerechten Fachunterricht, der einem umfassenden Bildungsanspruch gerecht wird, haben LehrerInnen die Aufgabe, die Planung ihres Unterrichts so zu gestalten, dass er einerseits zur Vorbereitung künftiger ExpertInnen dient, aber andererseits auch einen naturwissenschaftlichen Unterricht für alle anbieten kann (Lembens & Bartosch, 2012).

Im naturwissenschaftlichen Unterricht sollten der Raum und die Zeit für eine methodisch-didaktische Vielzahl von unterschiedlichen Formen vorhanden sein, damit SchülerInnen die Möglichkeit haben, sich Inhalte, ihren individuellen Zugängen entsprechend, zu erarbeiten. Hierbei sollten sich Lehrkräfte eine Gendersensibilität aneignen, damit sie sich der stereotypisierenden Dramatisierungen von Geschlechterdifferenzen bewusst sind, damit LehrerInnen im konkreten Handeln entdramatisierend vorgehen können. Diese Balance herzustellen, ist für LehrerInnen sicherlich eine der größten Herausforderung (Faulstich-Wieland, 2004).

## **5.2 Erfahrungen mit monoedukativem Unterricht an der PTS**

An der Polytechnischen Schule im 20. Wiener Gemeindebezirk gibt es mittlerweile seit zehn Jahren eine Klasse mit dem Schwerpunkt Informationstechnologie. Bei der Erstellung des Klassenprofils wurde besonders darauf hingewiesen, dass sehr viel Wert darauf zu legen ist, dass Mädchen besonders gefördert werden sollen, um dadurch auch leichter in IT-Berufen Fuß fassen zu können. In den vergangenen fünf Jahren haben ich als klassenführender Lehrer und mein Team die Erfahrung gemacht, dass der monoedukative Unterricht vor allem im Fachbereich „Informationstechnologie“ (IT) ertragreicher ist. Ich konnte in Bezug auf Selbstkonzept und Motivation einen deutlichen Unterschied feststellen im Vergleich zu den Jahren, als der Unterricht koedukativ stattfand. Befragungen der SchülerInnengruppen, die ich in den ersten zwei Jahren jeweils am Ende des Schuljahres durchführte, zeigten ebenfalls, dass vor allem die Mädchen die Lernsituation als angenehm empfanden. Die Mädchen, welche in monoedukativen Gruppen unterrichtet wurden, schätzten ihre Fähigkeiten und ihr Wissen im Schnitt höher ein als jene, die in koedukativen Gruppen unterrichtet wurden. Diese

Selbsteinschätzung hat sich auch in diversen Tests und auch in den Endnoten widergespiegelt. Bei den Knaben konnte ich keine so gravierenden Unterschiede feststellen. Meine Erfahrungen haben gezeigt, dass der gleichgeschlechtliche Unterricht sich vor allem bei den Mädchen positiv auswirkt. Daher haben ich und mein LehrerInnenteam beschlossen, den monoedukativen Unterricht im Fachbereich beizubehalten.

Neben dem Unterricht, der nach Geschlecht getrennt ist, gibt es noch einen weiteren Aspekt, der in meiner Untersuchung eine wichtige Rolle spielt. An der PTS 20 beläuft sich der Anteil an SchülerInnen die eine andere Muttersprache als Deutsch haben, auf fast 80%. Aus diesem Grund spielt auch die sprachliche Heterogenität eine bedeutende Rolle. Ihren Niederschlag findet sie in den Lernerfolgen der SchülerInnen, was zur Folge haben muss, dass die Planung des Unterrichts auf diese sprachliche Heterogenität Rücksicht nehmen muss.



## 6. Sprachliche Heterogenität

Sprachliche Heterogenität an Schulen ist ein Umstand, der verstärkt in Ballungszentren vorzufinden ist. Dieser Abschnitt beschäftigt sich zunächst mit der Situation an der Schule, in der die Untersuchung zu den SchülerInnenvorstellungen stattfand. Anschließend berichte ich über Erfahrungen mit sprachlicher Heterogenität und die Sichtweise hierzu von ForscherInnen aus Deutschland. Am Ende gehe ich auf sprachliche Heterogenität speziell im naturwissenschaftlichen Unterricht ein. Es werden Gründe angeführt, wieso es für SchülerInnen mit Migrationshintergrund manchmal schwieriger ist dem Unterricht zu folgen.

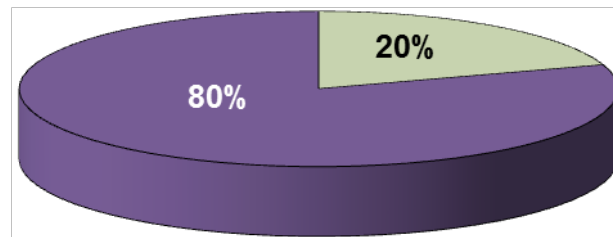
### 6.1 Situation an der Polytechnischen Schule

An der Polytechnischen Schule in der Engerthstraße im 20. Wiener Gemeindebezirk gibt es derzeit 294 SchülerInnen. Davon sind 171 Mädchen und 123 Knaben, auf insgesamt dreizehn Klassen verteilt. Es gibt am Standort drei Integrationsklassen, acht Regelklassen mit teils autonomer Studentafel, eine Kooperationsklasse und ein Nachqualifikationslehrgang. In den Integrationsklassen befinden sich bis zu sieben SchülerInnen mit sonderpädagogischem Förderbedarf. Die KlassenschülerInnenhöchstzahl in diesen Klassen beträgt neunzehn SchülerInnen. In den Regelklassen sind 25 SchülerInnen. In der Kooperationsklasse, einem Schulversuch, befinden sich maximal siebzehn SchülerInnen. Der Sinn einer Kooperationsklasse ist es, SchülerInnen, die ihre Schulpflicht schon in der zweiten oder dritten Klasse der Hauptschule, bzw. Kooperativen Mittelschule erfüllt haben, so weit vorzubereiten, dass sie nach diesem Schuljahr im Nachqualifikationslehrgang den Hauptschulabschluss nachholen können.

Die Muttersprachen an der PTS 20 sind folgendermaßen verteilt:

|          | SuS | Deutsch<br>als Mutterspr. |      | Serbokroatisch<br>als Mutterspr. |      | Türkisch<br>als Mutterspr. |      | Andere<br>Mutterspr. |      |
|----------|-----|---------------------------|------|----------------------------------|------|----------------------------|------|----------------------|------|
| Männlich | 171 | 30                        |      | 39                               |      | 38                         |      | 64                   |      |
| Weiblich | 123 | 29                        | in % | 33                               | in % | 26                         | in % | 35                   | in % |
| Gesamt   | 294 | 59                        | 20,1 | 72                               | 24,5 | 64                         | 21,8 | 95                   | 33,6 |

**Tabelle 3: Sprachenverteilung an der PTS**



Deutsch als Muttersprache
  Andere Muttersprache

**Diagramm 1: Anteil der SchülerInnen die eine andere Muttersprache als Deutsch haben**

Der hohe Anteil an SchülerInnen mit nichtdeutscher Muttersprache bewirkt, dass der Schule ein zusätzliches Stundenkontingent zugeteilt wird. Dieses Plus an Stunden wird teilweise für einen Deutschkurs verwendet, der an der Schule abgehalten wird. Diesen Kurs besuchen aber vor allem SchülerInnen, die erst seit kurzem in Österreich sind. Die restlichen Stunden aus diesem Kontingent werden so verteilt, dass in Fächern wie Deutsch, Mathematik und Englisch zumindest zwei Mal die Woche ein Teamteaching oder auch eine Teilung in zwei Gruppen ermöglicht wird. In den jeweiligen Fachbereichen wird darauf geachtet, dass möglichst kleine Gruppen, zwölf bis dreizehn SchülerInnen, unterrichtet werden, was die Arbeit ebenfalls erleichtert. Zusätzlich wird seit dem Schuljahr 2011/12 eine Leseförderung angeboten. An dieser Leseförderung nehmen vor allem jene SchülerInnen teil, die bei der Lesetestung, welche im Schuljahr 2010/11 in Wien stattgefunden hat, als sehr schwach eingestuft wurden. Wünschenswert wäre, dass an unserem Schulstandort sogenannte muttersprachliche LehrerInnen eingesetzt werden. Die Aufgabe solcher KollegInnen wäre es das Fach- und Sprachlernen zu fördern. Sie könnten in den diversen Unterrichtseinheiten eine sprachliche Basis für die SchülerInnen schaffen, damit diese dann fachlich korrekte Aussagen formulieren können. Zusätzlich könnten die SchülerInnen mit nichtdeutscher Muttersprache beim Verständnis der deutschen Sprache und in der Kommunikation unterstützt werden. Es sollte das Ziel der Unterrichtseinheiten sein, fehlerhafte Fachsprache zu vermeiden, die häufig zu fachlichen Fehlern führt. Die LehrerInnensituation ist mittlerweile an allen Schultypen sehr angespannt und der Abgang aufgrund von Pensionierungen wird kaum mehr nachbesetzt. Die Personalsituation stellt sich also als sehr schwierig dar, vieles was sinnvoll wäre, ist allein aus diesem Grund schon nicht möglich.

## 6.2 Sprachliche Heterogenität im Naturwissenschaftlichen Unterricht

Mehrsprachigkeit wird aktuell in der globalen Business-Welt als vorteilhaft angesehen. Allerdings wird die Mehrsprachigkeit im schulischen Kontext als Quelle von Defiziten wahrgenommenen. Mit den ersten PISA (OECD, 2006) und IGLU-Studien (Bos et al., 2003) wurden die sprachlichen Probleme evident und erregten dadurch Aufmerksamkeit. In Wien wurde im Jahr 2011 eine flächendeckende Lesetestung auf der vierten und achten Schulstufe durchgeführt. Das Ergebnis war ernüchternd: Rund 20% der getesteten SchülerInnen können nicht sinnerfassend lesen. Als Konsequenz gibt es seit dem Schuljahr 2011/12 eine umfassende Leseförderung an den Wiener Schulen (Archivmeldung SSR für Wien, 2011).

Betrachtet man die internationalen Studien wie PISA, UGLU etc. geht daraus hervor, dass die Mehrsprachigkeit (in den meisten Fällen Zweisprachigkeit), vor allem bei jüngeren Lernenden, einen Nachteil darstellt, insbesondere wenn die deutsche Sprache, durch den Migrationshintergrund begründet, nicht hinreichend gleichberechtigt erlernt wurde. Die Mehrheit der deutschen SchülerInnen mit Migrationshintergrund lernt nach Eintritt in die Primarschule im Alter von 6-7 Jahren in einer standardisierten, strukturierten Art und Weise Deutsch (Brandenburger, 2007). Außerhalb der Schule wird fast ausschließlich in der Muttersprache gesprochen. Ein in vielen Fällen niedriges Bildungsniveau im Elternhaus führt ebenfalls zu einer schlechteren Sprachbeherrschung. Dies hat oft zur Folge, dass diese SchülerInnen aufgrund mangelnder Sprachkenntnisse insgesamt ein niedrigeres Bildungsniveau erreichen als gebürtig deutschsprachige Kinder.

Reich und Roth (2002) fanden heraus, dass nur in wenigen Fällen zwei- oder mehrsprachige SchülerInnen jemals den Sprach-Standard von gleichaltrigen Jugendlichen mit Deutsch als Muttersprache erreichen. Die offizielle Schulsprache im Unterricht, Deutsch, ist für die meisten dieser SchülerInnen daher eine große Herausforderung. Hierfür gibt es verschiedene Gründe. Sehr oft sind die grammatikalischen Regeln weder in der eigenen Sprache noch in Deutsch bekannt (Maas, 2005). Es hat sich gezeigt, dass SchülerInnen mit Migrationshintergrund nur relativ wenige Möglichkeiten haben, sich aktiv und produktiv am Regelunterricht zu beteiligen. Sie erleben die neue Sprache rezeptiv und haben dadurch weniger Gelegenheit, diese aktiv zu nutzen, um ihre sprachlichen Kompetenzen zu entwickeln. Darüber hinaus erschwert die mangelnde Sprachfähigkeit das Lernen von bestimmten Unterrichtsinhalten. So kann sich z. B. der Chemieunterricht für Lernende zu einem zweisprachigen Minenfeld entwickeln. Sie haben nicht nur die grundlegenden Inhalte, die im Unterricht vorgestellt werden, zu assimilieren, sie müssen auch die spezifische Sprache der Chemie und das wissenschaftliche Arbeiten verstehen und lernen (Leisen, 2004). Auf

Grund dieser Kombination fehlen diesen SchülerInnen in zweierlei Hinsicht die sprachlichen Kenntnisse, die notwendig sind, um zu kommunizieren und aktiv am Unterricht teilzunehmen (Deppner, 1989). Auf der anderen Seite haben Riebing und Bolte (2008) festgestellt, dass mehrsprachige Studierende, im Vergleich zu einsprachigen Jugendlichen, hohe metasprachliche Kompetenzen besitzen. Der Grund dafür ist, dass sie bereits aktiv mit dem Lernen von mehr als einer Sprache beschäftigt sind. SchülerInnen mit Migrationshintergrund erwiesen sich als aufmerksamer in Bezug auf die Sprache, die im Chemieunterricht verwendet wird. Doch Antworten, die von diesen SchülerInnen gegeben werden, sind in der Regel viel kürzer und weniger komplex. Es wird auch ein geringerer Einsatz von spezifischer, wissenschaftlicher Terminologie beobachtet. LehrerInnen akzeptieren es oft nur schwer, dass die Vermittlung von Deutsch als Fremdsprache ein notwendiges Ziel innerhalb ihres eigenen naturwissenschaftlichen Unterrichts sein sollte. Oftmals wird diese Problematik einfach weiter delegiert, was bedeutet, dass andere Unterrichtsfächer, z. B. der Deutschunterricht, sich damit befassen sollen (Tajmel, 2010).

Das Erreichen einer wissenschaftlichen Grundbildung für alle Bürgerinnen und Bürger ist seit den 1990er Jahren das Hauptziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Sekundarstufe. Standards und Maßstäbe zur naturwissenschaftlichen Grundbildung wurden weltweit veröffentlicht (KMK, 2005). Darüber hinaus ist es das Ziel, dass Schülerinnen und Schüler in der Lage sein sollten, richtig zu kommunizieren. Dies beinhaltet auch die Teilnahme an öffentlichen Diskussionen über wissenschaftliche, technologische, soziale und ökologische Themen. Damit dieses Ziel erreicht werden kann, ist es wichtig, dass die SchülerInnen die sprachlichen Kompetenzen auch im naturwissenschaftlichen Unterricht erlangen können. Mit Blick auf die oben beschriebene Situation ist es notwendig, dass dieses Problem Berücksichtigung findet (Hesse, 2008).

Für meine Arbeit als Lehrer bedeutet es, dass bei der Entwicklung von Unterrichtseinheiten auf die sprachliche Heterogenität Rücksicht zu nehmen ist. Bei der Planung von Unterrichtseinheiten muss eine sprachliche Basis geschaffen werden, damit SchülerInnen fachlich korrekte Aussagen formulieren können, wodurch die SchülerInnen zusätzlich beim Verständnis der deutschen Sprache und in der Kommunikation unterstützt werden sollen. Es ist darauf zu achten, dass eine fehlerhafte Fachsprache vermieden wird, weil dies häufig zu fachlichen Fehlern führt. Das Lehren sollte durchgängig schülerInnenorientiert geschehen.

## **7. Empirischer Teil**

In diesem Abschnitt meiner Arbeit möchte ich die durchgeführte empirische Studie beschreiben, welche der Frage nachgeht, ob ein entsprechender Einführungsunterricht dabei behilflich sein kann, bestimmte SchülerInnenvorstellungen bewusst zu machen oder gar zu ändern. Da die untersuchte Gruppe mit 24 SchülerInnen relativ klein ist, weiß ich, dass man das Ergebnis nicht generalisieren kann. Für mich war es jedoch sehr interessant, wie weit es mir gelingt, aufgrund eines an SchülerInnenvorstellungen adaptierten Unterrichts, das Verständnis für chemische Phänomene zu erleichtern.

In diesem Teil der Arbeit stelle ich, basierend auf meiner Hypothese, meine Untersuchung vor. Weiters wird das Forschungsfeld und die Umstände, unter denen die SchülerInnen beforscht wurden, näher präsentiert. Außerdem erläutere ich mein Unterrichtskonzept und meine Forschungsmethoden.

### **7.1 Ziel und Hypothese meiner Studie**

Mein Ziel war, Chemieunterricht den SchülerInnenvorstellungen entsprechend zu gestalten und diese dadurch in Richtung wissenschaftlich angemessener Vorstellungen weiter zu entwickeln. Dafür wurde ein Einführungsunterricht in einer Klasse an einer Polytechnischen Schule in Wien gestaltet. Als methodischen Schwerpunkt habe ich den kognitiven Konflikt gewählt.

Ein kognitiver Konflikt wird bei SchülerInnen aufgrund einer unvereinbaren Situation bzw. einer Widersprüchlichkeit hervorgerufen. Die Gestaltung von Anschauungskonflikten und die Hinführung der SchülerInnen zu Problemen und zu offensichtlichen Widersprüchen sind geeignete Methoden, Konflikte zu induzieren, die dann einen intensiven Hinterfragungs- und Lernprozess in Gang setzen. Die Anwendung bestimmter Lehr und Lernmethoden kann die Entstehung und aktive Bewältigung kognitiver Konflikte begünstigen. So haben SchülerInnen beim entdeckenden Lernen die Möglichkeit und auch die Verantwortung dafür, die ihnen angemessene Probleme bzw. Aufgaben auszuwählen.

Über den Zeitraum von drei Wochen wurden den SchülerInnen in drei Unterrichtsblöcken zu je zwei Unterrichtsstunden Inhalte wie Teilchenmodell, Aggregatzustand, Atombau usw. näher gebracht. Der Unterricht fand jeweils am Nachmittag statt. Die SchülerInnengruppen werden monoedukativ unterrichtet. Der Unterricht war so geplant, dass zu Beginn der Stunde eine Frage aufgeworfen wurde. Im Unterrichtsblock 1 soll eine Erklärung gefunden werden, warum sich ein Deo im Raum verteilt. Im Unterrichtsblock 2 wurde zu Beginn über Gase und deren Eigenschaften diskutiert. Im Unterrichtsblock 3 wurde die Gesetzmäßigkeit der Massenerhaltung demonstriert und anschließend auch diskutiert.

Wie schon in den Abschnitten 3 und 4 beschrieben haben die SchülerInnen Probleme mit der Vorstellung, dass Teilchen ständig in Bewegung sind, dass der Raum zwischen den Teilchen leer ist und dass Gase eine Masse haben.

Meine Hypothese ist, dass ein entsprechender Einführungsunterricht dabei behilflich sein kann, bestimmte SchülerInnenvorstellungen bewusst zu machen oder gar zu ändern. Dies bewirkt in weiterer Folge, dass Grundlagen, wie sie im Lehrplan (Lehrplan der PTS, 2008) für den Chemieunterricht vorgesehen sind, besser verstanden werden und entsprechende Anwendung sowohl in der Schule als auch im Alltag finden.

## **7.2 Kurzbeschreibung der Unterrichtsblöcke**

Im ersten Unterrichtsblock „Teilchenmodell“ werden am Anfang die lebensweltlichen Anschauungen zum Thema Teilchen aufgenommen und mit alltagsnahen Beispielen erweitert. Anhand des Aufbaus von Kristallen soll den SchülerInnen der Teilchenbegriff nähergebracht werden. Ziel ist es, den Lernenden den historischen Hintergrund zu präsentieren. Weiters sollen die SchülerInnen selbst Kristalle züchten und die Ergebnisse interpretieren. Zusätzlich soll mit Hilfe eines selbst gebauten Modells ein konkretes Anschauungsmodell geschaffen werden, das mit dem Originalkristall verglichen werden kann. Ziel des Unterrichts ist es, dass die SchülerInnen eine sachlich angemessene Vorstellung (Anordnung in Kugelpackungen) von Teilchen bekommen. In Kapitel 4.2.4 Kleinste Teilchen und Modellbegriff, bin ich auf dieses Thema eingegangen.

Im zweiten Unterrichtsblock ist der „Horror vacui“ der Schwerpunkt. Damit die SchülerInnen den materiefreien Raum begreifen können, muss zunächst demonstriert werden, dass Luft und andere Gase eine Dichte besitzen. In einem anderen Experiment wird die Verbrennung von Luft in einer abgeschlossenen Apparatur demonstriert, wobei gezeigt wird, dass Luft ein Gemisch aus mehreren Gasen und somit Materie ist. Weiters wird der materiefreie Raum mit Hilfe eines weiteren Versuches (das größere Dampfvolument von Ethanol im Vergleich zum Volumen von flüssigem Ethanol in einem abgeschlossenen System) demonstriert. Zusätzlich wird die Volumenänderung noch anhand des „Gerätes zur kinetischen Gastheorie“ erläutert. In diesem Unterrichtsblock soll auf die Volumenvergrößerung und auf die Teilchenbewegung eingegangen werden. Die SchülerInnen sollen sich von der Vorstellung lösen, dass die Teilchen ihre Größe ändern und dadurch eine Volumenänderung entsteht. Im mit Ethanol befüllte Luftballon wird demonstriert, dass es sich um ein geschlossenes System handelt. Der Modellversuch „Gerät zur kinetischen Gastheorie“ veranschaulicht, dass eine Änderung des Volumens nur aufgrund der schnelleren Teilchenbewegung zustande kommt. Er dient zusätzlich zur Erläuterung des Luftballonversuches.

Im dritten Block werden die Begriffe Atome, Ionen und Moleküle eingeführt. Mittels der „Kleinste-Teilchen-Hypothese“ ist ein erster Schritt bei der Ablöse von der Kontinuums-Vorstellung hin zum diskontinuierlichen Aufbau der Materie gemacht worden. Den SchülerInnen ist bekannt, dass Stoffe aus kleinsten Teilchen bestehen. Diese Kenntnis soll zunächst zum Dalton'schen Atommodell erweitert werden. Mit Hilfe des einfachen Atommodells nach Dalton lassen sich zum Beispiel die Gesetze von der Erhaltung der Masse, die Gesetze von den konstanten, multiplen Massenverhältnissen, die Gasgesetze, die Vorgänge bei der Diffusion und der Osmose erklären. Das Ziel dieses Unterrichtsblockes ist es, den SchülerInnen deutlich zu machen, dass der Teilchenbegriff dem submikroskopischen Bereich zuzuordnen ist. Bei kleineren Stoffportionen sollte man den Teilchenbegriff vermeiden. Es kann von Wassertröpfchen-, oder von Schwefelkriställchen gesprochen werden. Es ist wichtig, dass der Teilchenbegriff an Einheiten gebunden ist, die sich selbständig in einer Substanz bewegen, zum Beispiel: Heliumatome im Heliumgas, Wassermoleküle in Wasser usw..

### **7.3 Forschungsfeld**

Als Forschungsfeld habe ich die Klasse G1 ausgewählt. Einer der Beweggründe für diese Auswahl ist die Tatsache, dass ich der klassenführende Lehrer bin, was bedeutet, dass eine Vertrauensbasis vorhanden ist. Aufgrund der hohen Stundenanzahl, die ich in dieser Klasse verbringe (13 Stunden pro Woche), kenne ich die SchülerInnen und ihr Umfeld sehr gut. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, bei Bedarf Stunden zu verlegen, ohne dass ich mit einem anderen Kollegen bzw. mit einer anderen Kollegin kollidiere. Es ist auch nicht unwesentlich zu erwähnen, dass ich das Modell des monoedukativen Unterrichts in den vergangenen Jahren immer nur in meinen eigenen Klassen erprobt habe.

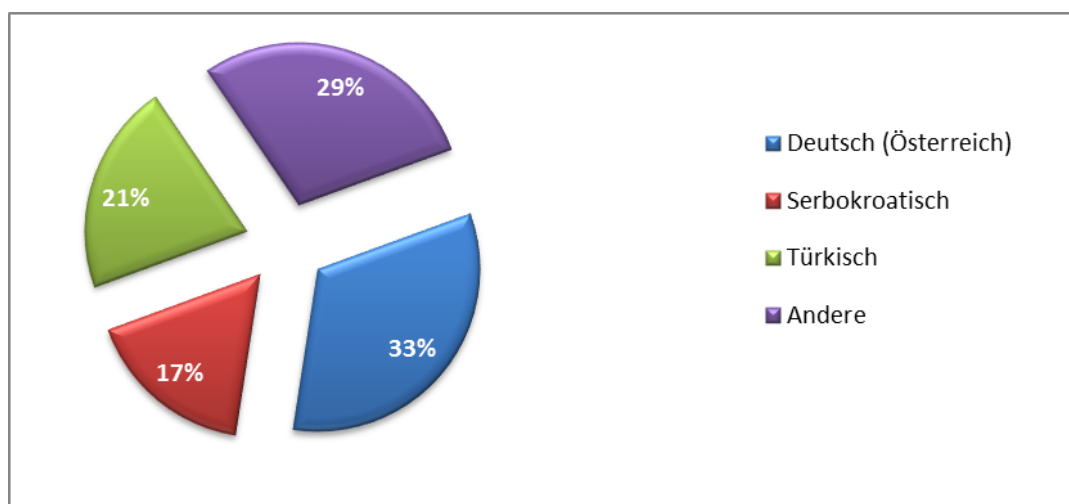
#### **7.3.1 Die Klassensituation**

Bei der Klasse, die ich für die Untersuchung ausgewählt habe, handelt es sich um eine neunte Schulstufe mit dem Schwerpunkt Informationstechnologie. Insgesamt besteht die Gruppe aus 24 SchülerInnen, 15 Knaben und 9 Mädchen. In dieser Schülergruppe haben 16 SchülerInnen, 11 Knaben und 5 Mädchen, eine andere Muttersprache als Deutsch (siehe Tabelle 4). Zwanzig SchülerInnen haben vor der neunten Schulstufe eine Kooperative Mittelschule besucht. Von den restlichen vier SchülerInnen kommt eine Schülerin aus einer achten Schulstufe eines Gymnasiums, ein Schüler aus einer neunten Schulstufe eines Oberstufenrealgymnasiums. Diese beiden befinden sich im zehnten Schuljahr. Zwei Schülerinnen kommen von einer Fachmittelschule, einer Sonderform der Polytechnischen Schule, d. h., dass sie die neunte Schulstufe wiederholen und sich ebenfalls im zehnten Schuljahr befinden. Aufgrund der

bisher erzielten Leistungen in den einzelnen Unterrichtsfächern kann ich sagen, dass von den SchülerInnen ein durchschnittliches, teilweise auch überdurchschnittliches Leistungsvermögen gezeigt wurde. Als Quelle dienen mir die Schularbeits- und Testnoten aus allen Unterrichtsfächern und meine eigenen Beobachtungen. Da ich zusätzlich noch in zwei weiteren Klassen unterrichte, habe ich zumindest was meine Unterrichtsfächer angeht auch eine Vergleichsbasis zu anderen SchülerInnen. Im Detail betrachtet gibt es vier SchülerInnen, die bisher in allen Unterrichtsfächern gute bis sehr gute Leistungen gezeigt haben. Es muss hierzu erwähnt werden, dass die betreffenden SchülerInnen von Beginn an in allen drei Hauptfächern in der ersten Leistungsgruppe eingestuft wurden. Zwei aus dieser Gruppe hat eine andere Muttersprache als Deutsch. Es gibt aber auch vier SchülerInnen, die im Vergleich zu den SchülerInnen, die sich aufgrund der jeweiligen Einstufung in der gleichen Leistungsgruppe befinden, bisher eher unterdurchschnittliche bis sehr schwache Leistungen erbracht haben. Auch hier muss erwähnt werden, dass zwei der Betroffenen einen Migrationshintergrund haben, die Muttersprache der beiden anderen jedoch Deutsch ist.

|          | SuS | Deutsch als Mutterspr. |      | Serbokroatisch als Mutterspr. |      | Türkisch als Mutterspr. |      | Andere Mutterspr. |      |
|----------|-----|------------------------|------|-------------------------------|------|-------------------------|------|-------------------|------|
| Männlich | 15  | 4                      |      | 2                             |      | 3                       |      | 6                 |      |
| Weiblich | 9   | 4                      | in % | 2                             | in % | 2                       | in % | 1                 | in % |
| Gesamt   | 24  | 8                      | 33   | 4                             | 17   | 5                       | 21   | 7                 | 29   |

**Tabelle 4: Zusammensetzung der Muttersprachen in der G1**



**Diagramm 2: Verteilung der Muttersprachen in der G1**



### 7.3.2 Die Raumsituation

Die Polytechnische Schule im 20. Bezirk wurde im Jahr 1999 fertig gestellt. Der Physik/Chemiesaal ist geräumig und mit großen Fenstern ausgestattet. Die Schule wurde im Zuge des Neubaus neu ausgestattet, was bedeutet, dass für insgesamt sechs SchülerInnengruppen Arbeitsgeräte aus den Bereichen Chemie und Physik (Mechanik, Elektrizitätslehre, Elektronik) vorhanden sind. Ebenso ist der naturwissenschaftliche Bereich für die LehrerInnen ausreichend mit Demonstrationsgeräten ausgestattet, wodurch ein angenehmes Arbeiten ermöglicht wird. Grundsätzlich wird dieser Raum von zwei Lehrern benutzt. Von der Klasse G1 wird der Raum jeweils am Dienstag und am Donnerstag in einem Zweistundenblock genutzt.



Abb. 9: Physik-/Chemiesaal der PTS 20 und ein Satz SchülerInnenversuchskästen für Chemie

### 7.4 Unterrichtskonzept

Im Lehrplan der Polytechnischen Schule (2008) sind für die technischen Bereiche im Fach Technisches Seminar neben physikalischen folgende chemische Lerninhalte vorgesehen:

Angewandte Chemie und Umwelttechnik:

- Kernbereich:

Chemische Stoffe (Gemenge, Verbindung, Reinstoff), chemische und physikalische Trennverfahren, chemische Grundkenntnisse für die Fachbereiche, Aufbau der Materie (Atomaufbau, Atommodelle, Periodensystem), Säuren und Basen, anorganische Werk- und Hilfsstoffe bezogen auf die Fachbereiche.

- Erweiterungsbereich:

Chemie: Stöchiometrische Gesetze und einfache Berechnungen, Energieverhältnisse chemischer Reaktionen, Redoxreaktionen, Inerte Gase (Lehrplan der PTS, 2008, S. 36).

## **Didaktische Grundsätze:**

*Ausgehend vom aktuellen Wissensstand der Schüler/innen werden physikalische und chemische Zusammenhänge an Beispielen aus den Fachbereichen experimentell und rechnerisch erarbeitet. Querverbindungen zu den Fachgegenständen Naturkunde und Ökologie, Gesundheitslehre, Mathematik und den anderen Gegenständen des Fachbereiches sollen aufbauend genützt werden. Der aufbauende Charakter des Unterrichtsgegenstandes verlangt eine ständige Festigung und Vertiefung bereits gewonnener Erkenntnisse. Physikalische und chemische Grundkenntnisse erlauben einen schlüssigen Übergang zu Mechanik und Grundlagen der Elektrotechnik.*  
(Lehrplan der PTS, 2008, S. 36)

Die Klasse, die beforscht wurde, hat eine autonome Studentafel. Statt „Technisches Seminar“, nennt sich in der IT-Klasse dieses Fach „Technische Grundlagen der Informationstechnologie“. Die physikalischen und chemischen Grundlagen sind analog zum Unterrichtsfach „Technisches Seminar“. Im zweiten Halbjahr wird dann auf Inhalte eingegangen, die für den IT-Bereich relevant sind.

Damit man sich ein Bild über die Unterrichtsinhalte der drei Unterrichtsblöcke machen kann, werden diese im Anschluss beschrieben. Die entsprechenden Stundenplanungen befinden sich im Anhang der Arbeit.

### **7.4.1 Unterrichtsblock 1: „Teilchenmodell“**

Mit sehr einfachen Versuchen soll demonstriert werden, dass Teilchen ständig in Bewegung sind. Als Hinführung zum Teilchenmodell, in der erklärt werden soll, dass Stoffe aus kleinsten Teilchen aufgebaut sind, wird ein flüssiger Duftstoff in die Mitte des Raumes gesprüht. Schon nach kurzer Zeit kann man aufgrund der Diffusion den Geruch im gesamten Raum wahrnehmen. An dieser Stelle wird der kognitive Konflikt mit der Frage induziert, wie sich die SchülerInnen können, warum sich der Duftstoff im Raum verteilt. Anschließend wird das Lösen von Kristallen demonstriert, um die SchülerInnen zum Teilchenmodell hinzuführen. Zunächst werden Zuckerkristalle in Wasser gelöst. In einem Demonstrationsversuch werden Jodkristalle in Ethanol gelöst (Abb. 4). Ich habe mich für einen Lehrerversuch entschieden, weil ich wollte, dass sich die SchülerInnen auf den Versuch konzentrieren, damit sie im Anschluss genau beschreiben können, was sie gesehen haben und nicht durch Gespräche o. ä. abgelenkt werden. Ziel dieses Versuchs ist es zu klären, wie die Verteilung der Jodkristalle funktioniert. Nach den Demonstrationsversuchen des Lehrers werden die SchülerInnen immer in Teams zu zwei bis drei SchülerInnen aufgeteilt. Die

SchülerInnen finden sich selbstständig in der Gruppe zusammen. Jede Gruppe bekommt eine Arbeitsanweisung, das notwendige Gerät ist schon am Platz vorbereitet, die Ergebnisse werden in einem Laborheft protokolliert. Im ersten Versuch werden Zuckerkristalle in Wasser gelöst. Das Beobachtete wird notiert. Im zweiten Versuch werden Kristalle „gezüchtet“. Hierzu wird Kaliumaluminiumsulfat verwendet. Die SchülerInnen arbeiten nach Arbeitsvorschrift. Anschließend werden die einzelnen Ergebnisse zu den Beschreibungen des Lösungsvorganges im Plenum diskutiert. Der Lehrer zeigt den SchülerInnen einen Alaunkristall, der schon im Vorfeld gezüchtet wurde. Anschließend wird darüber diskutiert, wie man ein einfaches Modell herstellen könnte. Zur Veranschaulichung werden mit Hilfe von Zellstoffkugeln, Holzkügelchen und Tischtennisbällen dann Oktaedermodelle gebastelt. Diese Modelldarstellungen mit festen, kompakten Kugeln sollen bei der Überleitung behilflich sein, um eine einfache Vorstellung über die Zusammensetzung der Materie zu bekommen. Die wichtigsten Eckpunkte wie „Materie besteht aus kleinsten Teilchen“, „Teilchen sind in ständiger Bewegung“, „Stoffe sind aus kleinsten, dicht gepackten Kügelchen zusammengesetzt“ werden als Merktex t ins Heft übertragen. In einem Lehrer/SchülerInnengespräch werden die wichtigsten Eckpunkte nochmals wiederholt.

Die Ziele dieses Unterrichtsblocks sind:

- die Demonstration der Teilchenbewegung (Duftstoff im Raum, Jod in Ethanol),
- Materie besteht aus kleinsten Teilchen, die sich regelmäßig anordnen können (Lösen und Kristallisieren, Herstellung des Zellstoffmodells)

#### **7.4.2 Unterrichtsblock 2: „Der leere Raum zwischen den Teilchen“**

In diesem Unterrichtsblock sollen die SchülerInnen mit dem Gedanken vertraut gemacht werden, dass der Raum zwischen den Teilchen materiefrei ist.

Zu Beginn der Stunde soll gemeinsam in einem Lehrer-/SchülerInnengespräch erarbeitet werden, was man unter dem Begriff „Gas“ versteht. Hierzu sollen die SchülerInnen einige Gase nennen und, wenn möglich, auch einige Eigenschaften von gasförmigen Stoffen aufzählen. Es wird vom Lehrer die Frage gestellt, ob Gase eine Masse haben (kognitiver Konflikt). In Lehrerversuchen werden die Eigenschaften von Wasserstoff (Knallgasreaktion, „singende Dose“), von Sauerstoff (Glimmspanprobe) und von Kohlenstoffdioxid (das Löschen einer brennenden Kerze durch umgießen) demonstriert. Anhand von Chlorgas, welches vorher unter dem Abzug hergestellt wurde und in einem verschließbaren Kolbenprober aufgefangen wurde, soll gezeigt werden, dass Gase nicht immer farblos sind.

Im Laufe dieses Gesprächs sollte auch der Begriff Luft fallen. Hierbei stellt der Lehrer die Frage, was man unter „Luft“ versteht. Es wird darauf eingegangen, dass die Luft, die uns umgibt, ein Gemenge von Gasen ist. Anhand des Versuchs Nr. 4: Oxidation von Stahlwolle, in dem der Luftsauerstoff verbraucht wird, soll gezeigt werden, dass die uns umgebende Luft aus mehreren Gasen zusammengesetzt ist.

Zur Vorbereitung für die Versuche mit der Vakuumpumpe muss im nächsten Schritt der Begriff Vakuum definiert werden. Zunächst sollen die SchülerInnen ihre eigenen Erfahrungen in den Unterricht einbringen (z. B. vakuumverpackte Lebensmittel). Im Lehrer-/SchülerInnengespräch soll dann festgestellt werden, dass es sich bei einem Vakuum um einen luftleeren Raum handelt. In einem Demonstrationsversuch soll gezeigt werden, dass Gase ebenfalls eine Masse besitzen. Hierzu wird eine Glaskugel zunächst einmal abgewogen und anschließend evakuiert und abermals abgewogen. Aus dem Massenunterschied wird ersichtlich, dass das abgesaugte Gas eine Masse haben muss. Der Versuch wird mit Kohlenstoffdioxidgas und Wasserstoff wiederholt. Hier sollen die SchülerInnen erkennen, dass Gase eine unterschiedlich große Masse haben können.

In einem weiteren Schritt werden der Reihe nach ein auf Faustgröße aufgeblasener Luftballon und Schokoküsse/Schaumküsse einem Vakuum ausgesetzt. Die SchülerInnen sollen verstehen, dass in einem abgeschlossenen System aufgrund des Vakuums der relative Abstand zwischen den Teilchen vergrößert wurde und dass sich zwischen den Luftpartikeln ein materiefreier Raum befindet. In einem weiteren Versuch werden ein paar Milliliter Ethanol in einen Ballon gefüllt. Anschließend wird der Luftballon verknotet und in kochendes Wasser getaucht. Auch hier haben wir es mit einem abgeschlossenen System zu tun. Aufgrund der Erwärmung vergrößert sich der relative Abstand zwischen den Teilchen. Wird der Ballon aus dem kochenden Wasser genommen, dann schrumpft er wieder. Mit der Hilfe eines Gerätes zur Demonstration der kinetischen Gastheorie werden die in den Versuchen gezeigten Vorgänge nochmals verdeutlicht (siehe Kap. 4.3.1). Zur Festigung werden die wichtigsten Punkte in Form von Merksätzen notiert und im LehrerInnen-/ SchülerInnengespräch wiederholt.

Das Ziel dieses Unterrichtsblocks war die Erkenntnis, dass:

- Gase eine Masse besitzen,
- der Raum zwischen den Teilchen ist leer,
- die uns umgebende Luft ein Gemenge von Gasen ist,
- Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid spezifische Eigenschaften haben.

### 7.4.3 Unterrichtsblock 3: „Kleinste Teilchen, die Atome“

Den SchülerInnen ist inzwischen bekannt, dass die Materie aus kleinsten Teilchen aufgebaut ist. Sie haben gelernt, dass auch Gase eine Masse haben. In weiterer Folge wissen sie auch, dass der Raum zwischen den Teilchen materiefrei ist.

In diesem Unterrichtsblock soll die Gesetzmäßigkeit über die Erhaltung der Masse eingeführt werden. Zu Beginn wird in einem Reagenzglas, das vorher abgewogen wurde, ein Streichholz erhitzt und abermals abgewogen. In einem zweiten Versuche wird Eisenwolle, die ebenfalls vorher abgewogen wurde, zum Glimmen gebracht und anschließend abgewogen. Anhand dieser zwei Versuche entsteht ein scheinbarer Widerspruch bzw. kognitiver Konflikt (Massenabnahme bzw. Massenzunahme). In einem Versuch, in dem Natriumhydrogencarbonat in einer mit einem Luftballon verschlossenen Epruvette erhitzt wird, soll gezeigt werden, dass, obwohl das Salz nicht mehr zu sehen ist, die Gesamtmasse erhalten geblieben ist. Mit Hilfe dieses Versuchs sollen die SchülerInnen zur Hypothese hingeführt werden, dass in einem geschlossenen System die Gesamtmasse konstant bleibt. Anschließend erfolgt die Einführung der Atomhypothese nach John Dalton. Anschließend werden stöchiometrische Formeln aufgestellt.

Im zweiten Teil des Unterrichtsblockes werden die SchülerInnen zum Rutherford'schen Streuversuch hingeführt. Dabei ist es zunächst wichtig, dass die Zusammensetzung von radioaktiver Strahlung erklärt wird (Historische Hintergründe: Entdeckung durch Becquerel, Alpha-, Beta-, und Gammastrahlung). Zum Verständnis ist es wichtig, dass auch erwähnt wird, dass die drei Komponenten der radioaktiven Strahlung im Magnetfeld unterschiedlich abgelenkt werden. Der Streuversuch sollte bei den SchülerInnen einen kognitiven Konflikt erzeugen, da man bisher davon ausgegangen ist, dass Atome aus massiven Kügelchen bestehen und daher die  $\alpha$ -Teilchen an der Goldfolie abprallen müssten. Tatsächlich können die meisten Teilchen die Folie ungehindert überwinden. Der Lehrer/ die Lehrerin erläutert die Atomhypothese von Rutherford und verdeutlichen die Unterschiede zum Dalton-Modell. In weiterer Folge werden die Größenverhältnisse, die im Atom herrschen, mit Hilfe einer Overheadfolie erläutert (siehe auch Kap. 4.4.1 und 4.4.2).

Das Ziel dieses Unterrichtsblocks waren die Erkenntnis, dass

- z. B. bei einer Verbrennung die Gesamtmasse erhalten bleibt,
- Stoffe aus Atomen aufgebaut sind,
- Atome aus noch kleineren Teilchen bestehen,
- Teilchen von gleichen Elementen untereinander gleich sind.

#### 7.4.4 Zusammenfassung

Vor dem ersten Unterrichtsblock wurde mittels Fragebogen eine Erhebung durchgeführt. Die Einzelheiten zu den Fragen und zur Auswertung werden ab Kapitel 7.5 erläutert.

Die SchülerInnen haben beim Züchten von Kristallen und bei der Herstellung von einfachen Modellen die Möglichkeit, einen Einblick in den Aufbau der Materie zu gewinnen. Anhand der Demonstrationsversuche und der dazugehörigen Erläuterungen soll den SchülerInnen dabei geholfen werden, sich von ihren Alltagsvorstellungen zu lösen. Im Unterricht wurde gezeigt, dass der Raum zwischen den Atomen materiefrei ist. Gleichzeitig wurde auch das Gesetz zur Erhaltung der Masse eingeführt, wobei hierbei die Atomhypothese von John Dalton zeigt, dass Stoffe in konstanten Massenverhältnissen miteinander reagieren. Nachdem die Zusammensetzung der radioaktiven Strahlung erklärt und der Rutherford'sche Streuversuch beschrieben wurde, erfahren die SchülerInnen die Atomhypothese von Ernest Rutherford.

Bei der Herausbildung menschlicher Intelligenz erreichen SchülerInnen im frühen Jugendalter (ab dem elften Lebensjahr) die höchste kognitive Entwicklungsstufe, die von Piaget als formal-operatives Denken bezeichnet wird. Auf dieser Entwicklungsstufe sind SchülerInnen zum abstrakten Denken in der Lage. Piaget hat erkannt, dass Lernende zunächst aus eigenem Antrieb heraus lernen. Sie konstruieren sich dabei eine Wirklichkeit, die dann in Abgleich mit der Umwelt gebracht werden muss. Das daraus entstehende Wechselspiel zwischen innerer Schematisierung und Abgleich mit der Umwelt -Assimilation und Akkommodation- ist für diesen Ansatz entscheidend, um den Aufbau der menschlichen Wirklichkeitsbildungen zu begreifen. (Gage & Berliner, 1996)

Ausgehend von Piagets Konstruktivismus und von den in den Abschnitten 3 und 4 beschriebenen Untersuchungen habe ich die Unterrichtsblöcke geplant. Die Unterrichtsblöcke und die dazugehörigen Versuche wurden so gewählt, dass eine Basis für eine Diskussion geschaffen werden konnte (kognitiver Konflikt). Gleichzeitig sollten die SchülerInnen z. B. bei den SchülerInnenversuchen dazu angeregt werden, ihre Ergebnisse zu dokumentieren und zu präsentieren. Neben den Ergebnissen aus der ersten Befragung konnte ich zusätzlich feststellen, welche Präkonzepte zu den angegebenen Unterrichtsthemen vorhanden waren und entsprechend eingreifen.

## 7.5 Erhebungsmethode

Die Lernprozesse der SchülerInnen wurden über 3 Monate hinweg mit der Hilfe eines Fragebogens beobachtet. Der Fragebogen wurde zu Beginn des Schuljahres, am Ende der 6. Unterrichtseinheit und am Ende des 3. Monats eingesetzt.

In diesem Abschnitt wird die Erhebungsmethode beschrieben. In weiterer Folge werden die Items und die Durchführung der Erhebung dargestellt. Zum Schluss wird das ausgewertete Ergebnis vorgestellt und interpretiert.

### 7.5.1 Die Items der Fragebögen

Die Items der Fragebögen sind Transferaufgaben, also Aufgaben, die über das eigentliche Stoffgebiet hinausgehen, deren Inhalte sich hauptsächlich auf Phänomene des täglichen Lebens beziehen. Viele dieser Fragen wurden schon in ähnlichen Untersuchungen unter anderem von Westbrook und Marek (1991) und von Novick und Nussbaum (1981) verwendet. Da sich dadurch eine gewisse Vergleichbarkeit der Ergebnisse ergibt, habe ich mich dazu entschlossen, diese Fragen zu verwenden. Bei der Zusammenstellung des Fragebogens wurde besonders darauf geachtet, dass den SchülerInnen nicht der Eindruck einer Testsituation vermittelt wird. Der Fragebogen deckt in erster Linie die Bereiche Aggregatzustände, Gase und Aufbau der Materie ab. In der untenstehenden Tabelle werden einige Beispiele gezeigt. Der gesamte Fragebogen befindet sich im Anhang.

#### *Durchführung der Befragung*

F1: Ein Auto fährt eine Strecke von 100 km. Wie ändert sich der Reifendruck während der Fahrt?

*Kreuze eine Antwort an und ergänze sie!*

- Der Reifendruck bleibt unverändert weil \_\_\_\_\_
- Der Reifendruck sinkt weil \_\_\_\_\_
- Der Reifendruck erhöht sich weil \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

F2: Von einem Eisblock wird die Temperatur von ursprünglich  $-10^{\circ}\text{C}$  auf  $-1^{\circ}\text{C}$  erhöht. *Beschreibe in ganzen Sätzen, was mit dem Eisblock geschieht:*

F3: An einem heißen Sommertag wird ein mit Wasser gefüllter Kübel in den Garten gestellt. Am Nachmittag hat sich der Wasserspiegel im Kübel um 3 cm gesenkt. *Wie erklärst du dir das?*

**Abb. 10: Beispiele für Items aus dem Fragebogen**

Um zu erheben, ob und welche SchülerInnenvorstellungen vorhanden sind, wurde drei Wochen vor dem geplanten Unterrichtsblock, eine erste Befragung durchgeführt. Die Klasse ist in eine Mädchen- und eine Knabengruppe aufgeteilt. Die SchülerInnen werden getrennt an zwei Nachmittagen unterrichtet. Der Chemieunterricht findet für die Mädchengruppe jeweils am Dienstagnachmittag, für die Knabengruppe jeweils am Donnerstagnachmittag statt. Für die Unterrichtseinheiten sind drei Blöcke zu je zwei Stunden mit jeweils einem Schwerpunkt geplant. Am Ende der drei Unterrichtsblöcke wurde eine zweite Befragung durchgeführt. Sinn dieser Erhebung war es, festzustellen, ob der Unterricht dazu beigetragen hat, SchülerInnenvorstellungen zu ändern. Nach weiteren zwei Monaten wurde eine dritte Befragung durchgeführt. Diese letzte Erhebung soll zeigen, ob die gegebenenfalls geänderten SchülerInnenvorstellungen, auch nachhaltig sind.

## 7.6 Auswertung der geschlossenen Fragen

Bei den geschlossenen Fragen ist für jedes Item nur eine Antwort möglich. Außerdem kann jedes Item für die Auswertung in vier Kategorien eingeteilt werden:

**Kategorie 1 ...K<sub>1</sub>:** wissenschaftliche Erklärung

**Kategorie 2 ...K<sub>2</sub>:** falsche bzw. unangemessene wissenschaftliche Erklärung

**Kategorie 3 ...K<sub>3</sub>:** SchülerInnenvorstellung bzw. Präkonzept

**Kategorie 4 ...K<sub>4</sub>:** keine Angabe

In die Kategorie 4 fallen die Antworten, bei denen keine Angaben gemacht wurden oder mit „ich weiß nicht“ beantwortet wurden. In der Kategorie „wissenschaftliche Erklärung“ werden alle Antworten der SchülerInnen eingeordnet, welche das entsprechende wissenschaftliche Konzept umfassen. Die Kategorie 2 enthält alle falschen Antworten, die nicht in die Kategorie SchülerInnenvorstellungen passen. In die Kategorie 3 werden die Antworten eingeordnet, die in den Bereich SchülerInnenvorstellungen fallen. Die geschlossenen Fragen werden mit der Hilfe eines Statistikprogrammes, in diesem Fall SPSS, ausgewertet. Im Fragebogen werden folgende Fragen als sogenannte geschlossene bzw. halbgeschlossene Fragen gestellt:

**Frage2: Ein Auto fährt eine Strecke von 100 km. Wie ändert sich der Reifendruck während der Fahrt? (Brook, et. al., 1984)**

K<sub>1</sub>: Der Reifendruck erhöht sich, weil ....

K<sub>2</sub>: Der Reifendruck sinkt, weil ...

K<sub>3</sub>: Der Reifendruck bleibt unverändert, weil ....

K<sub>4</sub>: ...



**Frage 4: Wasser wird in einem Topf zum Kochen gebracht. Woraus bestehen die aufsteigenden Blasen? (Osborne & Cosgrove, 1983)**

K<sub>1</sub>: Wasserdampf, weil...

K<sub>2</sub>: Heiße Luft/ Luft, weil ...

K<sub>3</sub>: Sauerstoff/ Wasserstoff, weil, ...

K<sub>4</sub>: ...

**Frage 5: Was geschieht, wenn man Luft in einen Fahrradreifen pumpt?**

K<sub>1</sub>: Die Gesamtmasse wird erhöht.

K<sub>2</sub>: Die Gesamtmasse wird weniger.

K<sub>3</sub>: Die Gesamtmasse bleibt gleich.

K<sub>4</sub>: ...

**Frage 8: Ein Luftballon wird nach dem Befüllen in einen Kühlschrank gelegt. Was geschieht? (Stavy, 1990b)**

K<sub>1</sub>: Der Ballon wird kleiner, weil...

K<sub>2</sub>: Es geschieht nichts.

K<sub>3</sub>: Der Ballon wird größer, weil...

K<sub>4</sub>: ...

Da bei den einzelnen Fragen auch eine Begründung anzugeben ist, muss bei der Auswertung darauf geachtet werden, ob die jeweilige Antwort tatsächlich in die vorgegebene Kategorie passt. Hiefür möchte ich ein Beispiel vorgeben:

**Frage2: Ein Auto fährt eine Strecke von 100 km. Wie ändert sich der Reifendruck während der Fahrt?**

K<sub>1</sub>: Der Reifendruck erhöht sich, weil *die Luft sich im Reifeninnern aufgrund der Reibungswärme erhitzt. Die Luftteilchen bewegen sich schneller und vergrößern dadurch den mittleren Abstand zueinander.*

K<sub>2</sub>: Der Reifendruck sinkt, weil ...

K<sub>3</sub>: Der Reifendruck bleibt unverändert, weil ....

K<sub>4</sub>: ...

Hier ist die Frage korrekt beantwortet und daher auch in die richtige Kategorie eingeordnet.

**Richtige SchülerInnenantworten:**

Der Reifendruck erhöht sich, weil die Luft durch die Reibung erwärmt wird. (Fundstelle: K004 III)

Der Reifendruck erhöht sich, weil die Reifen sich erhitzen. (Fundstelle: K012 III)

Der Reifendruck erhöht sich, weil Reibung entsteht. (Fundstelle: M001 III)

Unangemessene SchülerInnenantworten:

Der Reifendruck erhöht sich, weil durch die Luftteilchen sich ausdehnen. (Fundstelle: K004 I) daher Kategorie 2

Der Reifendruck erhöht sich, weil das Auto bremst und sein ganzes Gewicht lastet auf den Reifen. (Fundstelle: M003 II) daher Kategorie 2. Bei einer Bremsung würde der Druck nur sehr kurzzeitig erhöht werden. Außerdem wurde nicht nach der Druckänderung, verursacht durch eine Bremsung, gefragt daher ist hier die Kategorie 3 nicht zutreffend.

Die Fragen wurden von zwei Personen, von mir und einer Kollegin aus meiner Schule, unabhängig voneinander nach den oben genannten Gesichtspunkten ausgewertet. Anschließend wurden die Ergebnisse verglichen. Es wurden 21 SchülerInnen befragt, die jeweils 10 Fragen zu beantworten hatten. In Summe ergeben sich daraus pro Befragung 210 Antworten, die auszuwerten sind. Bei einem anschließenden Vergleich wurde folgendes Ergebnis festgestellt:

Die Auswertungsergebnisse wurden dem Reliabilitätstest nach Holsti (1969) unterzogen. Das Holsti-Reliabilitätsmaß lässt sich folgendermaßen ermitteln:

| Holsti Reliabilitätsmaß (R)  |                                |    |                               |    |                     |
|--|--------------------------------|----|-------------------------------|----|---------------------|
| $R = \frac{(\text{Zahl der Kodierer}) \cdot (\text{Zahl der übereinstimmenden Urteile})}{(\text{Zahl der Kodierurteile})}$ |                                |    |                               |    |                     |
|  | Antworten ohne Übereinstimmung |    | Antworten mit Übereinstimmung |    | Reliabilität R in % |
|  | Anzahl                         | %  | Anzahl                        | %  |                     |
| 1. Befragung   | 59                             | 28 | 151                           | 72 | 72                  |
| 2. Befragung   | 52                             | 25 | 158                           | 75 | 75                  |
| 3. Befragung   | 41                             | 20 | 169                           | 80 | 80                  |

**Tabelle 5: Vergleich der übereinstimmenden Antworten**

Ein Reliabilitätsmaß zwischen 75% und 85% kann man als gutes Ergebnis werten (Früh, 2007)

## **7.7 Auswertung der Antworten auf die offenen Fragen**

Die Antworten auf die offenen Fragen wurden einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) unterzogen. Damit man nachvollziehen kann, wie die Daten entstanden sind, ist es notwendig, das Ausgangsmaterial genau zu analysieren. Hierfür sind drei Analyseschritte notwendig:

- Festlegung des Materials
- Analyse der Entstehungssituation
- Formale Charakteristika des Materials

### **7.7.1 Festlegung des Materials**

Im beschriebenen Fragebogen gibt es offene und geschlossene Fragen. Sechs der Fragen sind als offene Fragen ausgeführt. Die befragten SchülerInnen haben hier die Möglichkeit, auf die gestellten Fragen frei zu antworten. Die Fragen behandeln im Wesentlichen Themengebiete wie zum Beispiel Aggregatzustand, Gase, Druck und Teilchenbewegung, die in Alltagssituationen verpackt präsentiert werden. Zur Analyse werden alle Fragebögen herangezogen.

### **7.7.2 Analyse der Entstehungssituation**

Die SchülerInnen wurden darüber aufgeklärt, dass es sich bei der Befragung um eine Erhebung der Vorstellungen über Teilchen und Gase handelt. Es wurde auch festgestellt, dass die Ergebnisse anonym sind und keinerlei Einfluss auf die Note im Unterrichtsfach haben. Die ProbandInnen haben den Auftrag bekommen, sich die Fragen genau durchzulesen und nach Möglichkeit zu beantworten. Es wurde auch darum gebeten, vollständige Sätze zu schreiben. Die SchülerInnen hatten zur Beantwortung der Items eine Unterrichtseinheit (50 Minuten) zur Verfügung. Die SchülerInnen waren in der Klasse so verteilt, dass allen ein eigener Tisch bereitgestellt werden konnte und somit ein ungestörtes Arbeiten möglich war. Die Befragungen fanden immer am Vormittag vor der dritten Stunde statt, um zu gewährleisten, dass die SchülerInnen konzentriert arbeiten können. Zu betonen ist auch, dass die Befragung der insgesamt 24 SchülerInnen so wie der Unterricht auch, monoedukativ stattgefunden hat.

### **7.7.3 Formale Charakteristika des Materials**

Es werden insgesamt zehn Fragen gestellt, die auf vier A4-Seiten aufgeteilt sind. Die Fragen eins, drei, sechs, sieben, neun und zehn sind als offene Fragen festgelegt. Die Fragen zwei, vier, fünf und acht sind als geschlossene bzw. halbgeschlossene Fragen festgelegt. Alle Antworten werden auf den Fragebogen geschrieben.

Jeder der Fragebögen ist mit einer Codierung versehen. K001 bis K015 für die Knaben, M001 bis M009 für die Mädchen. Diese Codierung gewährleistet, dass Außenstehenden keine direkte Zuordnung möglich ist (Mayring, 2010).

#### **7.7.4 Was soll das Ergebnis der Interpretationen sein?**

Die SchülerInnen haben in ihren Abgangsschulen einen naturwissenschaftlichen Unterricht erfahren und kommen daher mit unterschiedlichem Vorwissen an unsere Schule. Das Ziel meiner Untersuchung ist es, herauszufinden, ob man durch einen angepassten Unterricht vorhandene SchülerInnenvorstellungen berücksichtigen und zu wissenschaftliche angemessenen Vorstellungen weiterentwickeln kann. Das Ziel der Inhaltsanalyse ist es, aus den von den ProbandInnen verfassten Texten herauszufiltern, ob die Antworten folgenden Kategorien zuzuordnen sind:

**K<sub>1</sub>:** falsche „wissenschaftliche“ Antwort

**K<sub>2</sub>:** wissenschaftliche Antwort

**K<sub>3</sub>:** SchülerInnenvorstellung bzw. Präkonzept

**K<sub>4</sub>:** keine Ahnung bzw. weiß nicht

#### **7.7.5 Theoriegeleitete Differenzierung der Fragestellung**

Die Fragen stammen zum Teil aus den im Abschnitt 4 beschriebenen Studien. Aus dem Antwortverhalten der befragten SchülerInnen soll dann ermittelt werden, welche Präkonzepte vorhanden sind. Die Untersuchung geht folgenden Fragestellungen nach:

- Welche SchülerInnenvorstellungen sind vorhanden?
- In wie weit stimmen die Ergebnisse meiner Erhebung mit den Ergebnissen anderer Studien überein?
- Gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede in den Antworten?
- In wie weit unterscheiden sich die Ergebnisse der SchülerInnen mit Migrationshintergrund (Anteil von 66%) von den SchülerInnen ohne Migrationshintergrund?

#### **7.7.6 Ablauf der Analyse**

Als Analysetechnik habe ich die skalierende Strukturierung gewählt. Das Ziel der Skalierenden Strukturierung ist es, das Material bzw. bestimmte Materialteile auf einer Skala einzuschätzen. Ich habe diese Methode für meine Bedürfnisse adaptiert. Die Skala die ich ausgewählt habe, reicht von eins bis vier. Das Material wird nach den Vorgaben, die in weiterer Folge noch definiert werden, analysiert und eingeschätzt.

Nach dem Schema der skalierenden Strukturierung ergibt sich nach Mayring (2010) folgendes Ablaufmodell:

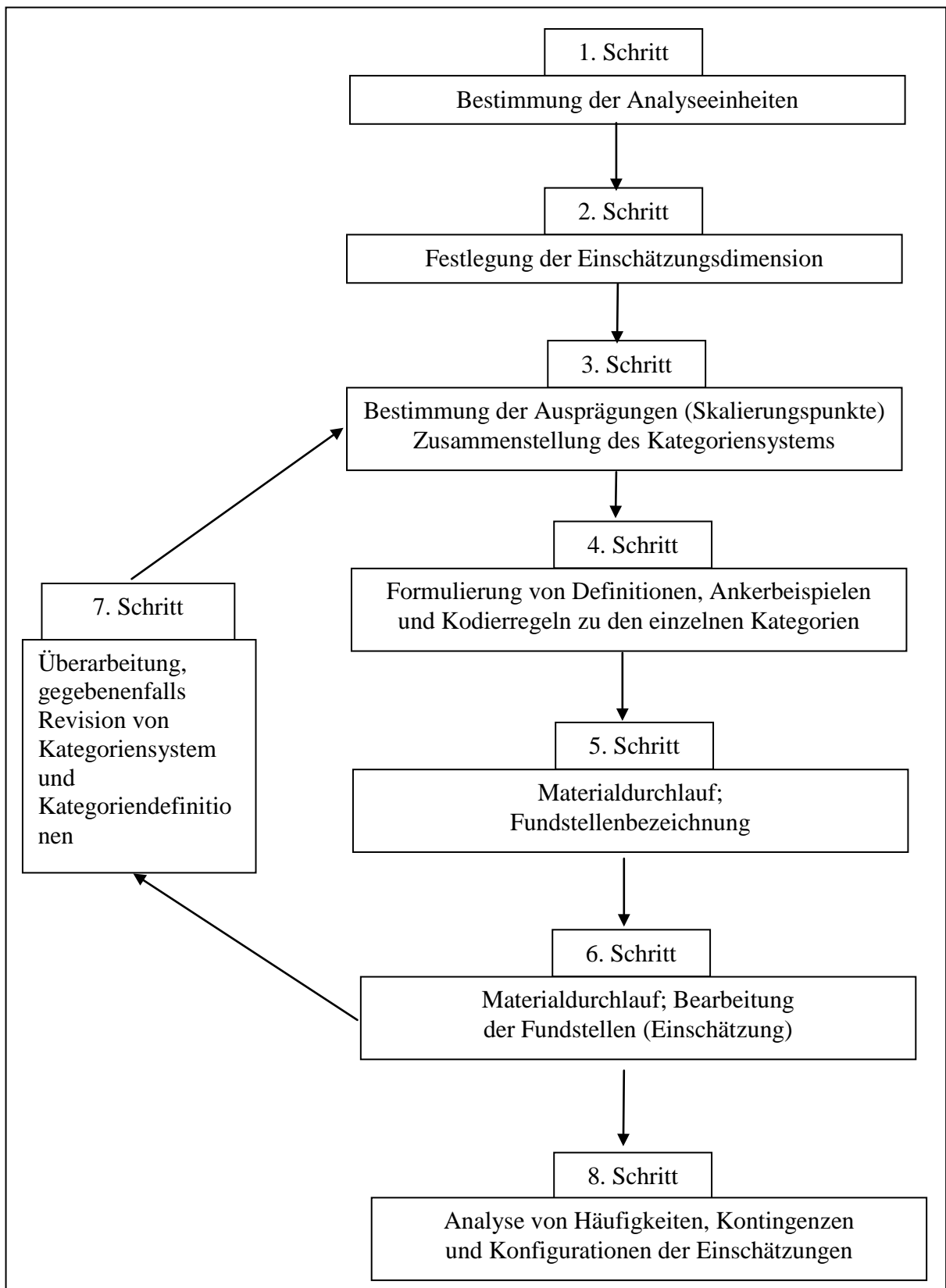


Abb. 11: Ablaufmodell der skalierenden Strukturierung (Mayring, 2010, S. 102)

1 steht für: wissenschaftliche Erklärung

2 steht für: falsche bzw. unangemessene wissenschaftliche Erklärung

3 steht für: SchülerInnenvorstellung bzw. Präkonzept

4 steht für: keine Angabe

Mit der Analyse soll geklärt werden, welche SchülerInnenvorstellungen vorhanden sind. Weiters soll geklärt werden, in wie fern es Geschlechterdifferenzen im Antwortverhalten gibt und ob es bei den Austeritysergebnissen der SchülerInnen, die einen Migrationshintergrund haben im Vergleich zu den SchülerInnen ohne Migrationshintergrund Unterschiede gibt. Die Textpassagen sind meist sehr kurz und teilweise in unvollständigen Sätzen gehalten. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte für die Analyse erklärt.

### 1. Schritt: Bestimmung der Analyseeinheiten:

Bei der Analyse des Materials soll eingeschätzt werden, in wie weit SchülerInnenvorstellungen bei den ProbandInnen vorhanden sind. Die Kodiereinheit ist immer die jeweilige Antwort, die zu einer Frage gegeben wurde. Da teilweise nur unvollständige Sätze geschrieben wurden bzw. in Stichwörtern geantwortet wurde, ist aus der Antwort alles herauszufiltern, was von Bedeutung ist, auch einzelne Wörter.

### 2. Schritt: Festlegung der Einschätzungsdimensionen

Es sind insgesamt sechs Fragen, die einer qualitativen Inhaltsanalyse zu unterziehen sind. Im Folgenden wird jeweils die Frage gestellt und jeweils ein Beispiel zu den möglichen Antwortkategorien genannt.

In zwei abgebildeten Kolben soll eingezeichnet werden, wie sich die Luft darin verteilt. Hierbei ist anzumerken, dass der linke Kolben offen ist, und der rechte Kolben geschlossen. Außerdem wurde im rechten Kolben ein Teil der Luft abgesaugt. Die Frage ist folgendermaßen formuliert:

*Frage 1:*

*Bei dem rechts abgebildeten Kolben wurde **ein Teil** der Luft abgesaugt. Der linke Kolben bleibt unverändert. Zeichne ein, wie sich die Luft in den **beiden Kolben** verteilt!* (vgl. Novick & Nussbaum, 1981)

**Wissenschaftliche Erklärung:** Die Teilchen sind gleichmäßig in beiden Kolben verteilt. Im rechten Kolben ist der mittlere Abstand der Teilchen zueinander größer.

**Unangemessene Erklärung:** Es ist kein Unterschied zwischen den zwei Kolben ersichtlich.

**SchülerInnenvorstellung:** Die Partikel werden im rechten Kolben als Klumpen dargestellt. Eine andere Möglichkeit ist, dass der rechte Kolben nur bis zur Hälfte gefüllt ist.

**Keine Erklärung:** -----

Frage 3:

*Von einem Eisblock wird die Temperatur von ursprünglich  $-10^{\circ}\text{C}$  auf  $-1^{\circ}\text{C}$  erhöht. Beschreibe in ganzen Sätzen, was mit dem Eisblock geschieht (vgl. Osborne & Cosgrove, 1983).*

**Wissenschaftliche Erklärung:** „Der Eisblock bleibt unverändert, da sich die Temperatur von  $-1^{\circ}\text{C}$  immer noch unterhalb des Schmelzpunktes befindet“.

**Unangemessene Erklärung:** „Aufgrund des Temperaturanstiegs beginnt der Eisblock zu schmelzen“.

**SchülerInnenvorstellung:** „Wenn ein Eisblock aus einem Gefrierschrank genommen wird, bewirkt der plötzliche Temperaturwechsel ein Schrumpfen der Teilchengröße“.

**Keine Erklärung:** -----

Frage 6:

*An einem heißen Sommertag wird ein mit Wasser gefüllter Kübel in den Garten gestellt. Am Nachmittag hat sich der Wasserspiegel im Kübel um 3 cm gesenkt. Wie erklärst du dir das? (vgl. Russel, Harlen und Watt, 1989)*

**Wissenschaftliche Erklärung:** „Das Wasser im Kübel ist verdunstet. Wasser verdunstet schon bei Raumtemperatur, sofern die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt ist.“

**Unangemessene Erklärung:** „Das Wasser ist ins Metall des Kübels eingedrungen,“

**SchülerInnenvorstellung:** „Das Wasser im Kübel ist verdampft, ...“

**Keine Erklärung:** -----

Frage 7:

Über einem Topf mit kochendem Wasser wird eine mit kaltem Wasser gefüllte Glasschüssel gehalten. Nach kurzer Zeit bilden sich Tröpfchen. Erkläre bitte in ganzen Sätzen, was deiner Meinung nach geschehen ist. (vgl. Osborne & Cosgrove, 1983)

**Wissenschaftliche Erklärung:** „Der aufsteigende Wasserdampf kondensiert an der Oberfläche der Glasschüssel und geht somit von der Phase gasförmig in die Phase flüssig über.“

**Unangemessene Erklärung:** „Das kochende Wasser konnte nicht verdampfen und deswegen sind die Teilchen auf der Glasschüssel hängen geblieben.“

**SchülerInnenvorstellung:** „Die aufsteigenden Wasserteilchen bleiben an der Wasserschüssel hängen.“

**Keine Erklärung:** -----

Frage 9:

Erkläre bitte in deinen Worten, was ein Gas ist.

**Wissenschaftliche Erklärung:** Eine Substanz ist dann gasförmig, wenn sich die Teilchen im großen Abstand voneinander frei bewegen und den verfügbaren Raum gleichmäßig ausfüllen. **Zu dieser Frage gab es keine wissenschaftliche Erklärung.**

**Unangemessene Erklärung:** „Gase sind kleine Teilchen.“

**SchülerInnenvorstellung:** „Gase sind unsichtbar, man kann sie nicht riechen und sie haben keine Masse.“

**Keine Erklärung:** -----

Frage 10:

Was versteht man unter dem Begriff Teilchen und welche Eigenschaften haben sie? Beschreibe bitte in ganzen Sätzen.

**Wissenschaftliche Erklärung:** Materie besteht aus kleinsten Teilchen, den Atomen. Atome besitzen einen winzigen Kern, der Neutronen und Protonen beinhaltet, in der Hülle befinden sich die Elektronen. Atome können durch chemische Bindungskräfte zu größeren Einheiten, den Molekülen zusammengefügt werden. **Auch zu dieser Frage gab es keine wissenschaftliche Erklärung.**



**Unangemessene Erklärung:** „Teilchen sind kleine Kügelchen. Sie sind fest, flüssig und auch gasförmig.“

**SchülerInnenvorstellung:** „Teilchen sind ganz kleine Kügelchen, die sich in der Luft befinden. Sie können sich zusammenziehen und ausdehnen.“

**Keine Erklärung:** -----

### 3. Schritt: Bestimmung der Kategorien:

Das auszuwertende Material ist sehr einfach gestaltet. Obwohl die SchülerInnen aufgefordert waren, in ganzen und vollständigen Sätzen zu antworten, ist dies leider nicht immer geschehen. Für die Auswertung wurden folgende Kategorien deduktiv an das Material angelegt, um die jeweilige Frage zu beantworten:

**K<sub>1</sub>:** Wissenschaftliche Erklärung

**K<sub>2</sub>:** Unangemessene Erklärung

**K<sub>3</sub>:** SchülerInnenvorstellung

**K<sub>4</sub>:** Keine Erklärung bzw. keine Angaben

### 4. Schritt: Definitionen, Ankerbeispiele und Kodierregeln

Hier wird die Form des Kodierleitfadens dargestellt. Bei den Ankerbeispielen handelt es sich um Antworten der SchülerInnen. Damit man unterscheiden kann, wer diese Antwort gegeben hat, bzw. zu welchem Zeitpunkt diese Antwort gegeben wurde, sind am Ende der Ankerbeispiel folgende Kodierung zu finden:

| Geschl. | Kodierung |   |   | Zeitpunkt |
|---------|-----------|---|---|-----------|
| M       | 0         | 0 | 1 | I.        |

männlich

Schüler/Schülerin

1. Befragung

Kodierleitfaden (vgl. Mayring, 2010)

Frage 3: Von einem Eisblock wird die Temperatur von ursprünglich  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  erhöht. Beschreibe in ganzen Sätzen, was mit dem Eisblock geschieht

| Kategorie                             | Definition  | Ankerbeispiele   | Kodierregeln  |
|---------------------------------------|---|--|---|
| K1:<br>wissenschaftliche<br>Erklärung | Der Eisblock bleibt unverändert, da sich die Temperatur von $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ immer noch unterhalb des Schmelzpunktes befindet | „Mit dem Eisblock passiert nichts, da er erst bei +Graden sich verändern würde“ (K005 II.) | Es muss sowohl im Text vorhanden sein, dass der Eisblock sich nicht verändert, als auch dass der Schmelz bzw. Gefrierpunkt bei $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ liegt. |
| K2:<br>unangemessene<br>Erklärung     | Erklärungen die nicht zu der obigen Definition passen.  | Der Eisblock wird größer und kälter.“ (K008 I.)  | Wenn sich im Text Antworten befinden, die behaupten, dass der Eisblock größer oder härter wird, dann ist die Antwort als unangemessen einzustufen.                |
| K3:<br>SchülerInnen-vorstellung       | Eine typische SchülerInnenvorstellung ist die Meinung, dass der Eisblock zu schmelzen beginnt.  | „Er beginnt langsam zu schmelzen.“ (M006 I.)   | Immer dann, wenn die Behauptung aufgestellt wird, dass das Eis zu schmelzen beginnt, dann ist von einer SchülerInnenvorstellung auszugehen.                       |
| K4:<br>keine Angaben                  | Es wurden keine Angaben gemacht.  |  | Dieser Kategorie zuteilen, wenn keine Angabe gemacht wurde.   |

*Frage 6: An einem heißen Sommertag wird ein mit Wasser gefüllter Kübel in den Garten gestellt. Am Nachmittag hat sich der Wasserspiegel im Kübel um 3 cm gesenkt. Wie erklärst du dir das?*

| <b>Kategorie</b>                      | <b>Definition</b>  | <b>Ankerbeispiele</b>   | <b>Kodierregeln</b>  |
|---------------------------------------|--|---|--|
| K1:<br>wissenschaftliche<br>Erklärung | Das Wasser im Kübel ist verdunstet. Wasser verdunstet schon bei Raumtemperatur, sofern die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt ist. | „Aufgrund der Sonneneinstrahlung ist das Wasser verdunstet.“ (M003 II.) | Aus dem Text soll ganz klar hervorgehen, dass das Wasser verdunstet und nicht verdampft ist.   |
| K2:<br>unangemessene<br>Erklärung     | Erklärungen, in denen Begriffe verwendet werden wie das Wasser erstarren und auftauen würde.   | „Das Wasser ist zuerst erstarrt und dann wieder aufgetaut“ (K012 II)    | Wenn sich im Text Antworten befinden die falsch sind.  |
| K3:<br>SchülerInnen-<br>vorstellung   | Eine typische SchülerInnenvorstellung ist die Meinung, dass das Wasser verdampfen würde.   | „Durch die Sonne verschwindet ein Teil des Wassers.“ (M007 I.)          | Immer dann, wenn die Behauptung aufgestellt wird, dass das Wasser einfach verschwinden würde, dann ist von einer SchülerInnenvorstellung auszugehen. |
| K4:<br>keine Angaben                  | Es wurden keine Angaben gemacht.   |   | Dieser Kategorie zuteilen, wenn keine Angabe gemacht wurde.  |

*Frage 7: Über einem Topf mit kochendem Wasser wird eine mit kaltem Wasser gefüllte Glasschüssel gehalten. Nach kurzer Zeit bilden sich Tröpfchen. Erkläre bitte in ganzen Sätzen, was deiner Meinung nach geschehen ist.*

| <b>Kategorie</b>                      | <b>Definition</b>   | <b>Ankerbeispiele</b>  | <b>Kodierregeln</b>   |
|---------------------------------------|---|--|---|
| K1:<br>wissenschaftliche<br>Erklärung | Der aufsteigende Wasserdampf kondensiert an der Oberfläche der Glasschüssel und geht somit von der Phase gasförmig in die Phase flüssig über.   | „Der aufsteigende Dampf kondensiert an der kalten Glasschüssel. Somit ändert sich der Aggregatzustand.“<br>(K004 II.)                            | Aus dem Text soll ganz klar hervor-gehen, dass der aufsteigende Wasserdampf an der Glasschüssel kondensiert und in die flüssige Phase übergeht. |
| K2:<br>unangemessene<br>Erklärung     | Erklärungen, in denen behauptet wird, dass dem kalten Wasser Sauerstoff entzogen würde oder durch die Hitze würde sich die Glasschüssel erwärmen ➔ daher Tröpfchen-bildung  | „Das kalte Wasser wurde durch den heißen Wasserdampf des unteren Topfes erwärmt und der Sauerstoff wurde dem kalten Wasser entzogen.“ (M008 II.) | Wenn sich im Text Antworten befinden, die nicht korrekt sind. Siehe Definition.   |
| K3:<br>SchülerInnen-<br>vorstellung   | Eine typische SchülerInnenvorstellung ist die Meinung, dass das Wasser durch die Glaswand „diffundiert“, oder eine weitere typische Vorstellung ist, dass sich der Wasserstoff und der Sauerstoff an der Glaswand wieder vereinigen (vgl. Osborne & Cosgrove, 1983) | Hierfür gibt es keine Ankerbeispiele   |   |
| K4:<br>keine Angaben                  | Es wurden keine Angaben gemacht.  |  | Dieser Kategorie zuteilen, wenn keine Angabe gemacht wurde.   |

Frage 9: Erkläre bitte in deinen Worten, was ein Gas ist.

| Kategorie                             | Definition  | Ankerbeispiele   | Kodierregeln   |
|---------------------------------------|---|--|--|
| K1:<br>wissenschaftliche<br>Erklärung | Eine Substanz ist dann gasförmig, wenn sich die Teilchen im großen Abstand voneinander frei bewegen und den verfügbaren Raum gleichmäßig ausfüllen.                           | „In einem Gas bewegen sich die Teilchen weit voneinander entfernt, um den verfügbaren Platz auszufüllen.“ (M008 III) | Eine Antwort gilt als wiss. erklärt, wenn erwähnt wird, dass sich die Teilchen im großen Abstand zueinander bewegen und dass der Raum von ihnen gleichmäßig ausgefüllt wird. |
| K2:<br>unangemessene<br>Erklärung     | Gase sind brennbar, giftig, gefährlich, ....  | „Gase sind Teilchen die etwas zum Brennen bringen.“ (K008 I.)  | Wenn sich im Text Antworten befinden wie: Gase sind giftig, Gase sind brennbar usw.  |
| K3:<br>SchülerInnen-<br>vorstellung   | Eine typische SchülerInnenvorstellung ist die Meinung, dass Teilchen ganz kleine Kügelchen sind, die sich in der Luft befinden. Sie können sich zusammenziehen und ausdehnen. | „Gase kann man nicht anfassen oder sehen. Gase sind meistens leicht entzündlich.“ (K009 I.)                          | Gase haben keine Masse, <u>alle</u> Gase sind unsichtbar, geruchlos und <u>alle</u> Gase sind leicht entzündlich fallen in diese Kategorie                                   |
| K4:<br>keine Angaben                  | Es wurden keine Angaben gemacht.  |  | Dieser Kategorie zuteilen, wenn keine Angabe gemacht wurde.  |

*Frage 10: Was versteht man unter dem Begriff Teilchen und welche Eigenschaften haben sie? Beschreibe bitte in ganzen Sätzen.*

| <b>Kategorie</b>                      | <b>Definition</b>  | <b>Ankerbeispiele</b>  | <b>Kodierregeln</b>   |
|---------------------------------------|--|--|---|
| K1:<br>wissenschaftliche<br>Erklärung | Materie besteht aus kleinsten Teilchen, den Atomen. Atome besitzen einen winzigen Kern, der Neutronen und Protonen beinhaltet, in der Hülle befinden sich die Elektronen. Atome können durch chemische Bindungskräfte zu größeren Einheiten, den Molekülen zusammengefügt werden | „Teilchen bestehen aus Atomen. Sie sind kugelförmig.“ (M003 III.)  | Eine Antwort gilt als wiss. erklärt, wenn zumindest 2 angemessene Erklärungen erfolgt sind. Zum Beispiel dass Teilchen aus - Atomen bestehen, dass Teilchen kugelförmig sind, dass Teilchen einen winzigen Kern (Neutronen/ Protonen) und eine Hülle (Elektronen) besitzen. |
| K2:<br>unangemessene<br>Erklärung     | Teilchen sind kleine Kügelchen. Sie sind fest, flüssig und auch gasförmig, elektronisch geladen, ruhig oder beweglich,   | „Teilchen sind winzig kleine Kügelchen, die ruhig oder beweglich sein können.“ (K015 III.)   | Wenn sich im Text Antworten befinden die laut Def. vorgegeben sind.   |
| K3:<br>SchülerInnen-<br>vorstellung   | Eine typische SchülerInnenvorstellung ist die Meinung, dass Teilchen ganz kleine Kügelchen sind, die sich in der Luft befinden. Sie können sich zusammenziehen und ausdehnen.  | „Unter Teilchen versteht man ganz kleine Kugeln die sich in der Luft befinden. Sie sind klein, in der Luft können sie sich ausdehnen und zusammenziehen, und bewegen sich.“ (M002 II.) | Teilchen sind Kügelchen; Teilchen können sich ausdehnen und zusammenziehen. Das sind die Schlagwörter für diese Kategorie.  |
| K4:<br>keine Angaben                  | Es wurden keine Angaben gemacht.   |  | Dieser Kategorie zuteilen, wenn keine Angabe gemacht wurde.   |

## 5. Schritt: Fundstellenbezeichnung

Beim ersten Durchsehen der Fragebögen ist es notwendig, dass bei der Einschätzung von den Definitionen der Auswertungseinheit ausgegangen wird. Im vorhandenen Material werden jene Signalwörter unterstrichen, die eine korrekte Einschätzung ermöglichen. In Abhängigkeit von der jeweiligen Bewertung werden die Textabschnitte mit den Kürzeln K1, K2, K3 oder K4 bezeichnet.

## 6. Schritt: Darstellung der einzelnen Kodierungen, was an folgenden Beispielen gezeigt wird:

Frage 7:

*Über einem Topf mit kochendem Wasser wird eine mit kaltem Wasser gefüllte Glasschüssel gehalten. Nach kurzer Zeit bilden sich Tröpfchen. Erkläre bitte in ganzen Sätzen, was deiner Meinung nach geschehen ist.*

|    | <b>Aussage</b>   | <b>Kodierung</b> | <b>Fundstelle</b> |
|----|--|------------------|-------------------|
| 1. | <i>„Der aufsteigende Dampf kondensiert an der kalten Glasschüssel. Somit ändert sich der Aggregatzustand.“</i>                               | K1               | K004 II.          |
| 2. | <i>„Das kalte Wasser wurde durch den heißen Wasserdampf des unteren Topfes erwärmt und der Sauerstoff wurde dem kalten Wasser entzogen.“</i> | K2               | M008 II.          |
| 3. | <i>„Das Wasser dringt durch die Glasschüssel an die Außenseite.“ (Osborne &amp; Cosgrove,1983).</i>  | K3               | Keine             |
| 4. | <i>Keine Ahnung</i>  | K4               | M002 II.          |

Meine Einschätzungen werden in der folgenden Tabelle erläutert:

|             |  |
|-------------|--|
| Zu K004 II: | Der Schüler hat Fachbegriffe wie „kondensieren“ und „Änderung des Aggregatzustandes“ verwendet. Die Erklärung ist fachlich korrekt.  |
| Zu M008 II. | Die Schülerin ist offensichtlich der Meinung, dass die kalte Schüssel durch den aufsteigenden Dampf erwärmt wird, was zwar nicht falsch ist, aber durch die Aussage, dass der Sauerstoff dem kalten Wasser entzogen würde, ist die Aussage als unangemessen einzustufen.   |
|             | In den Untersuchungen an 10 bis 13-jährigen SchülerInnen, die von Osborne und Cossgrove durchgeführt wurden, fand man häufig die Erklärung, dass die Gefäße „schwitzen“ würden. Eine weitere Aussage war, dass Wasserstoff und Sauerstoff sich wieder zusammenfügen würden. (vgl. Osborne & Cosgrove, 1983)<br><br>Bei meiner Befragung konnte ich keine derartige Aussage finden. |
| Zu M002 II. | Hier und in vergleichbaren Fällen ist klar, wenn keine Angaben oder Angaben wie „keine Ahnung“, „weiß ich nicht“ oder ähnliches gemacht wurden, ist mit K4 einzustufen.  |

**Tabelle 6: Begründung der Einschätzung**

## **7. Schritt: Überarbeitung**

Nach einem ersten Durchgang ist es notwendig, dass das gesamte vorhandene Material noch ein weiteres Mal begutachtet wird. Um zu überprüfen, ob die Einschätzungen ihre Richtigkeit haben, ist es notwendig, dass sich noch eine weitere Kodiererin, unabhängig voneinander, mit den Fragebögen befasst. Anschließend wird das Reliabilitätsmaß nach Holsti (1969) ermittelt (siehe Abschnitt 7.7).

## **8. Schritt: Ergebnisaufbereitung**

Ist man an dem Punkt angelangt, wo alle KodiererInnen zu allen Frage annähernd gleiche Ergebnisse erzielt haben, können die Resultate zusammen mit den Werten aus den geschlossenen Befragungen mit der Hilfe eines Statistikprogrammes ausgewertet und in entsprechenden Diagrammen in einzelne Kategorien aufgeschlüsselt und interpretiert werden (Mayring, 2010).



## 7.8 Ergebnisdarstellung und Ergebnisinterpretation

Im Folgenden werden die Ergebnisse, welche aus der Datenanalyse hervorgegangen sind, präsentiert und interpretiert. Zunächst wird allgemein darauf eingegangen, ob Entwicklungen von SchülerInnenvorstellungen hin zu wissenschaftlichen Erklärungen erkennbar sind. Es wird weiters darauf eingegangen, ob es Unterschiede zwischen den Geschlechtern gibt. Außerdem soll auch dargestellt werden, ob es zwischen SchülerInnen mit Migrationshintergrund im Vergleich zu SchülerInnen mit Deutsch als Muttersprache Unterschiede im Verständnis gibt. Zur Datenanalyse und Beantwortung der Fragestellungen wurden folgende Methoden angewandt:  $\chi^2$ -Test und Bowkertest. Der  $\chi^2$ -Unabhängigkeitstest überprüft, ob zwei (beliebig skalierte) Merkmale X und Y voneinander unabhängig sind, was auch als Kontingenzanalyse bezeichnet wird (Bosch, 2010).

Der Symmetrietest nach Bowker überprüft, ob zwei ordinalskalierte abhängige Merkmale mit ihren Ausprägungen in den Häufigkeiten signifikant von den Hauptdiagonalen einer quadratischen Kontingenztafel abweichen. So können u. a. zwei Untersuchungen an einem Objekt miteinander verglichen werden. Stimmen z. B. eine Erst- und eine Zweitmessung überein, so liegt eine sogenannte Symmetrie vor. Als Nullhypothese wird hier die Symmetrie der Daten angenommen. D. h. man möchte mit diesem Test feststellen, ob eine Änderung der Bedingungen, bei denen die beiden Stichproben gesammelt wurden, zu einer Veränderung des zu untersuchenden Parameters führt (Bortz & Lienert, 2008).

Ein p-Wert unter 0,05 wird als signifikant angesehen. Alle Analysen wurden mit SPSS Version 18.0 durchgeführt. Es ist jedoch zu bedenken, dass wir es hier mit einer sehr geringen Anzahl an Fällen (24 SchülerInnen) zu tun haben. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse, trotz sehr sorgfältiger Ausarbeitung, nur bedingt generalisierbar.

### 7.8.1 Statistische Diskussion

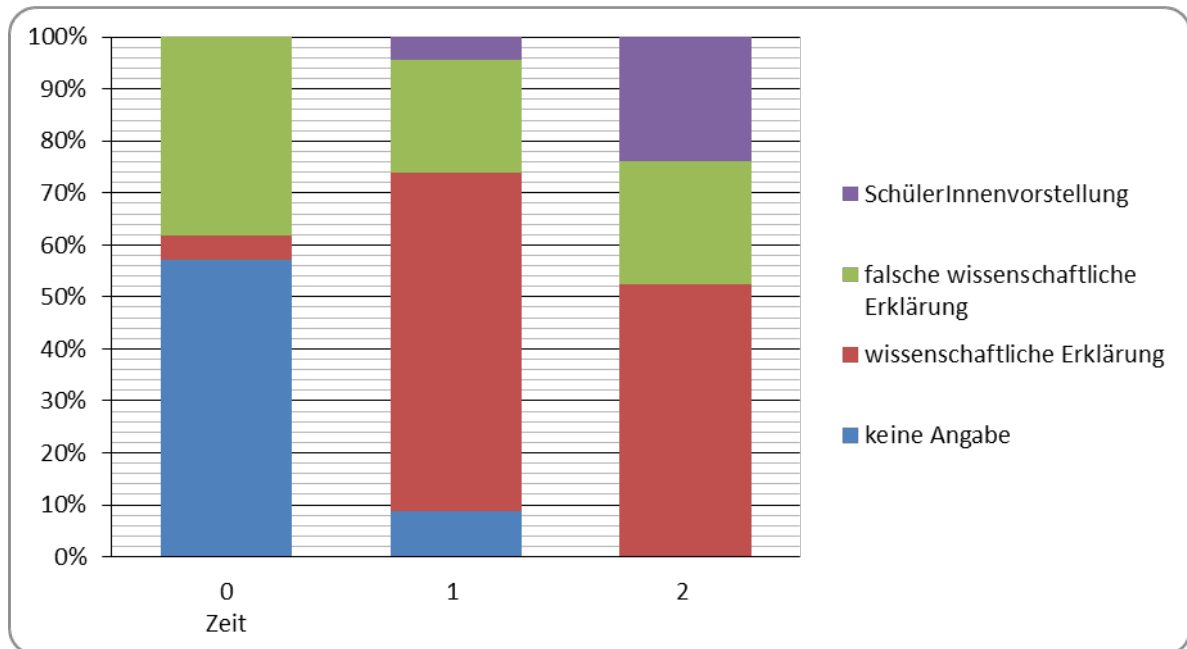
Da bei den drei Erhebungen nicht immer alle SchülerInnen anwesend waren, reduziert sich der Stichprobenumfang nach Abzug all jener Fragebögen, die keine Angaben gegeben haben, von 24 auf 21 SchülerInnen.

#### 7.8.1.1 Änderungen und Entwicklungen

Nach der Durchführung des Bowkertestes konnte bei zwei Fragen, die im Anschluss angeführt werden, eine Änderung in der Entwicklung zwischen erster und letzter Untersuchung festgestellt werden. Der Unterschied zwischen den Zeitpunkten 0 und 2 ist signifikant. (Frage 2:  $\chi^2 = 17$ ,  $p = 0,009$ ).

**Frage 2:** *Ein Auto fährt eine Strecke von 100 km. Wie ändert sich der Reifendruck während der Fahrt? Kreuze eine Antwort an und ergänze sie!*

Bei der Frage 2 ist ersichtlich, dass zwischen den Zeitpunkten 0 und 2 die wissenschaftlichen Erklärungen zugenommen haben. Gleichzeitig haben aber auch die SchülerInnenvorstellungen zugenommen. Die folgende Grafik veranschaulicht dieses Ergebnis (1. Befragung: Zeit 0; 2. Befragung: Zeit 1; 3. Befragung: Zeit 2):



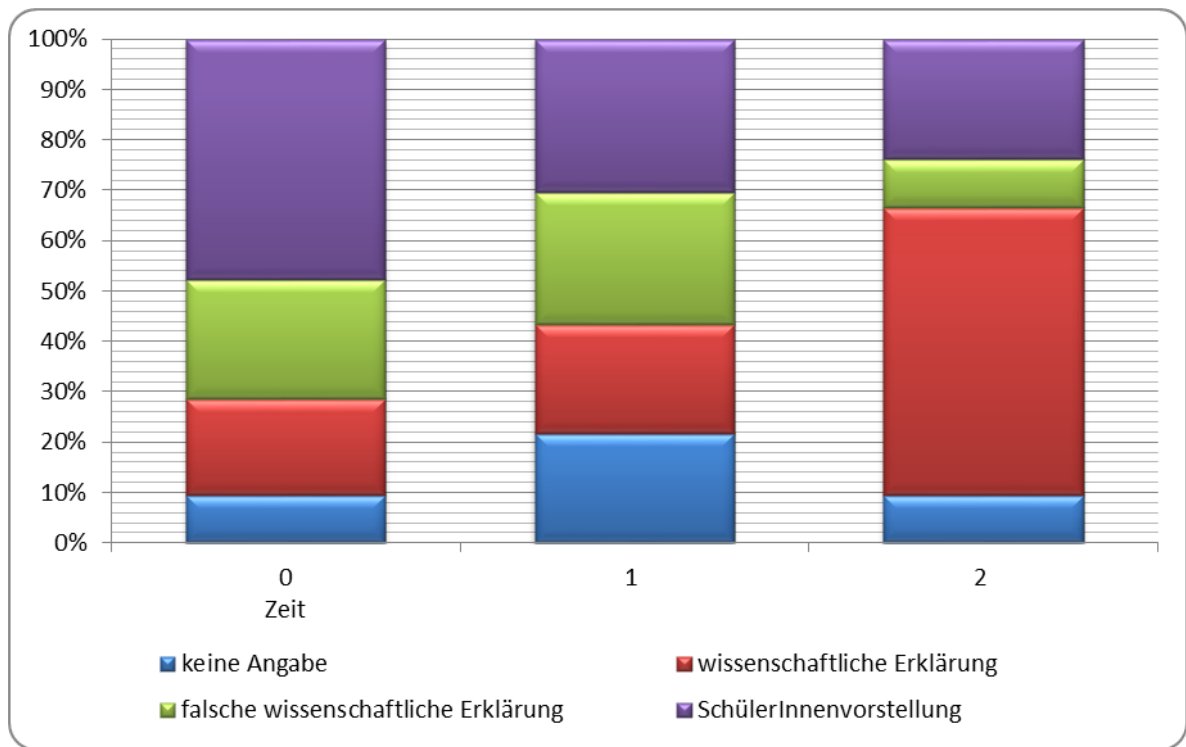
**Diagramm 3:** Graphische Veranschaulichung der Frage 2

Man sieht im Diagramm, dass zum Zeitpunkt 0 (1. Befragung) über 50% der SchülerInnen keine Angabe gemacht haben. Vermutlich waren die Schüler und Schülerinnen verunsichert und gaben daher lieber keine Antwort. Zum Zeitpunkt 2 (3. Befragung) wurde von allen SchülerInnen eine Angabe gemacht. Der Anteil, der zum Zeitpunkt 0 keine Angabe gemacht hat, verteilt sich zum Zeitpunkt 2 auf die SchülerInnenvorstellungen und auf die wissenschaftlichen Erklärungen.

Auch bei der Frage 3 ist die Änderung zwischen den Zeitpunkten 0 und 2 signifikant (Frage 3:  $\chi^2 = 11$ ,  $p = 0,045$ ).

**Frage 3:** *Von einem Eisblock wird die Temperatur von ursprünglich -10oC auf -1oC erhöht. Beschreibe in ganzen Sätzen, was mit dem Eisblock geschieht.*

Aus Diagramm 4 ist sehr schön ein zeitlicher „Trend“ zur „richtigen“ Lösung ersichtlich. Man erkennt eine Zunahme bei den wissenschaftlichen Erklärungen, gleichzeitig nimmt der Anteil der SchülerInnenvorstellungen und der unangemessenen Antworten ab.



**Diagramm 4: Graphische Veranschaulichung der Frage 3**

In der folgenden Tabelle wird die Änderung der restlichen Fragen dargestellt. Nach Durchführung des Bowkertestes und des  $\chi^2$ -Testes konnte bei diesen Fragen kein signifikantes Ergebnis festgestellt werden. Der Vollständigkeit halber möchte ich sie dennoch anführen (Zeit 0 = 1. Befragung; Zeit 2 = 3. Befragung).

|                 | keine Angabe |           | wiss. Erklärung |           | falsche. wiss. Erkl. |           | SchülerInnenvorst. |           |
|-----------------|--------------|-----------|-----------------|-----------|----------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                 | Zeit<br>0    | Zeit<br>2 | Zeit<br>0       | Zeit<br>2 | Zeit<br>0            | Zeit<br>2 | Zeit<br>0          | Zeit<br>2 |
| <b>Frage 1</b>  | 5%           | 0,0%      | 19%             | 38%       | 28%                  | 29%       | 48%                | 33%       |
| <b>Frage 4</b>  | 0,0%         | 5%        | 76%             | 71%       | 10%                  | 24%       | 14%                | 0,0%      |
| <b>Frage 5</b>  | 0,0%         | 0,0%      | 81%             | 81%       | 19%                  | 5%        | 0,0%               | 14%       |
| <b>Frage 6</b>  | 10%          | 10%       | 24%             | 43%       | 52%                  | 33%       | 14%                | 14%       |
| <b>Frage 7</b>  | 9%           | 14%       | 48%             | 38%       | 38%                  | 24%       | 5%                 | 24%       |
| <b>Frage 8</b>  | 19%          | 5%        | 24%             | 52%       | 28%                  | 24%       | 29%                | 19%       |
| <b>Frage 9</b>  | 14%          | 24%       | 24%             | 19%       | 19%                  | 38%       | 43%                | 19%       |
| <b>Frage 10</b> | 33%          | 10%       | 38%             | 57%       | 19%                  | 33%       | 10%                | 0,0%      |

**Tabelle 7: Ergebnisse der nichtsignifikanten Antworten**

In der Tabelle 7 sind einige Felder markiert, die Auffälligkeiten zeigen. Die grüne Markierung steht für positive, die rosa Markierung steht für unerwünschte Entwicklungen. Bei Frage 1 ist der Anteil an wissenschaftlichen Erklärungen um 19% gestiegen, wobei gleichzeitig die SchülerInnenvorstellungen um 15% abgenommen haben. Ebenso hat bei Frage 4 der Anteil der SchülerInnenvorstellungen um 14% abgenommen, gleichzeitig hat aber der Anteil der falschen „wissenschaftlichen“ Erklärungen um 14% zugenommen. Ähnlich verhält es sich bei Frage 5. Hier haben die falschen „wissenschaftlichen“ Erklärungen um 14% abgenommen, aber gleichzeitig hat sich der Anteil der SchülerInnenvorstellungen um 14% erhöht. Bei den Fragen 6, 8 und 10 im Bereich der wissenschaftlichen Erklärungen ein kräftiger Anstieg zu vermerken ist. Bei den Fragen 4 und 5 sind die Bereiche falsche „wissenschaftliche“ Erklärungen und SchülerInnenvorstellungen sehr auffällig. Immer dann, wenn in einem Bereich eine Abnahme zu beobachten ist, kommt es gleichzeitig zu einer Zunahme um den gleichen Prozentwert im anderen Bereich und umgekehrt.

Es hat sich gezeigt, dass zum Zeitpunkt 0, bei den Fragen 1, 3, 8 und 9, zwischen 29% und 48% der befragten SchülerInnen Präkonzepte vorweisen konnten, wie sie im Abschnitt 4 ausführlich beschrieben wurden. Erfreulich ist, dass bei diesen Fragen zum Zeitpunkt 2 die Präkonzepte abgenommen haben. Der Anteil der falschen „wissenschaftlichen Erklärungen ist bei den Fragen 4 und 9 gestiegen. Bei der Frage 10 ist sehr auffällig, dass der Anteil der SchülerInnen, die zum Zeitpunkt 0 keine Antwort gegeben haben, im Vergleich zum Zeitpunkt 2 um 23% gesunken ist. Gleichzeitig sind die falschen „wissenschaftlichen“

Antworten aber auch die wissenschaftlichen Antworten gestiegen. Hier liegt die Vermutung nahe, dass all jene SchülerInnen, die bei der ersten Befragung keine Antwort gegeben haben, sich zum Zeitpunkt 2 auf die restlichen Bereiche aufteilen. Vermutlich ist der Anteil der falschen „wissenschaftlichen“ Erklärungen deshalb um 14% angestiegen, weil die Frage nicht verstanden wurde.

### 7.8.1.2 Unterschiede im Geschlecht

Nach Durchführung des  $\chi^2$ -Testes zwischen den einzelnen Fragen und dem Geschlecht zeigt sich bei der Frage 2 und bei der Frage 9 ein signifikantes Ergebnis (Fallzahl 21, Frage 2:  $p = 0,006$ ; Frage 9:  $p = 0,024$ ). Nochmals zur Erinnerung die Fragen:

**Frage 2:** Ein Auto fährt eine Strecke von 100 km. Wie ändert sich der Reifendruck während der Fahrt? *Kreuze eine Antwort an und ergänze sie!*

Die nachfolgenden Kontingenztabelle geben das obige Ergebnis wieder:

|                     |                            | Frage 2      |                             |                                     | Gesamt |
|---------------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------|
|                     |                            | keine Angabe | Wissenschaftliche Erklärung | falsche wissenschaftliche Erklärung |        |
| Geschlecht weiblich | Anzahl                     | 8            | 1                           | 0                                   | 9      |
|                     | % innerhalb von Geschlecht | 88,9%        | 11,1%                       | 0%                                  | 100,0% |
| männlich            | Anzahl                     | 4            | 0                           | 8                                   | 12     |
|                     | % innerhalb von Geschlecht | 33,3%        | 0%                          | 66,7%                               | 100,0% |
| Gesamt              | Anzahl                     | 12           | 1                           | 8                                   | 21     |
|                     | % innerhalb von Geschlecht | 57,1%        | 4,8%                        | 38,1%                               | 100,0% |

Tabelle 8: Kontingenztabelle zu Frage 2

Betrachtet man das Ergebnis der Frage 2, dann erkennt man, dass 88,9% der Mädchen keine Angabe gemacht haben. Bei den Knaben sind es nur 33,3% die keine Angabe machten, jedoch 66,7% machen eine unangemessene wissenschaftliche Angabe. Dieses Verhalten lässt zum einen vermuten, dass die Mädchen eher dazu tendieren, lieber keine Antwort zu geben

als die Frage falsch zu beantworten. Außerdem könnte man aus diesem Verhalten auch schließen, dass die Schülerinnen mit diesem Themengebiet kaum reelle Erfahrungen gemacht haben und dadurch eben keine Antworten geben können bzw. auch keine Antworten geben wollen. Man könnte zu dem Schluss kommen, dass diese Frage für die Buben in der Realität eher erlebbar ist. Das Ergebnis zeigt hier, dass 66,7% der Schüler eine nicht angemessene Antwort gegeben haben, was vermuten lässt, dass die Buben mit ihren Vorstellungen in den Alltagserfahrungen geblieben sind (Krech & Crutchfield, 1992).

*Frage 9: Erkläre bitte in deinen Worten, was ein Gas ist.*

|                     |                            |       | Frage 9      |                             |                                     |                         | Gesamt |
|---------------------|----------------------------|-------|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------|
|                     |                            |       | keine Angabe | Wissenschaftliche Erklärung | falsche wissenschaftliche Erklärung | SchülerInnenvorstellung |        |
| Geschlecht weiblich | Anzahl                     | 3     | 2            | 3                           | 1                                   | 9                       |        |
|                     | % innerhalb von Geschlecht | 33,3% | 22,2%        | 33,3%                       | 11,1%                               | 100,0%                  |        |
| männlich            | Anzahl                     | 0     | 3            | 1                           | 8                                   | 12                      |        |
|                     | % innerhalb von Geschlecht | 0%    | 25,0%        | 8,3%                        | 66,7%                               | 100,0%                  |        |
| Gesamt              | Anzahl                     | 3     | 5            | 4                           | 9                                   | 21                      |        |
|                     | % innerhalb von Geschlecht | 14,3% | 23,8%        | 19,0%                       | 42,9%                               | 100,0%                  |        |

**Tabelle 9: Kontingenztabelle zu Frage 9**

Die Tabelle 8 zeigt die Vorstellungen der SchülerInnen zur Frage 9. Um diese Frage korrekt beantworten zu können, ist es hilfreich, wenn man zum abstrakten Denken in der Lage ist. Aufgrund des Entwicklungsvorsprunges sind die Mädchen offensichtlich eher in der Lage formal operational zu denken als die Buben, deren Antworten zu 66,7% SchülerInnenvorstellungen waren (Krech & Crutchfield, 1992).

### 7.8.1.3 Unterschiede aufgrund der Muttersprache

Wie sieht die Ausgangssituation der einzelnen Fragen in Bezug auf die Muttersprache aus? Auch hier wurde ein  $\chi^2$ -Test durchgeführt, wobei sich herausstellte, dass bei den Fragen 3 und 7 deutlich signifikante Unterschiede gibt (Frage 3:  $p = 0,078$ ; Frage 7:  $p = 0,009$ ).

Zur Erinnerung die Fragen:

**Frage 3:** Von einem Eisblock wird die Temperatur von ursprünglich  $-10^{\circ}\text{C}$  auf  $-1^{\circ}\text{C}$  erhöht. Beschreibe in ganzen Sätzen, was mit dem Eisblock geschieht:

|                           |      |        | Frage 3      |                             |                                     |                         | Gesamt |
|---------------------------|------|--------|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------|
|                           |      |        | keine Angabe | wissenschaftliche Erklärung | falsche wissenschaftliche Erklärung | SchülerInnenvorstellung |        |
| Deutsch als Muttersprache | Ja   | Anzahl | 0            | 1                           | 0                                   | 6                       | 7      |
|                           |      | %      | 0%           | 14,3%                       | 0%                                  | 85,7%                   | 100,0% |
|                           | Nein | Anzahl | 2            | 3                           | 5                                   | 4                       | 14     |
|                           |      | %      | 14,3%        | 21,4%                       | 35,7%                               | 28,6%                   | 100,0% |
| Gesamt                    |      | Anzahl | 2            | 4                           | 5                                   | 10                      | 21     |
|                           |      | %      | 9,5%         | 19,0%                       | 23,8%                               | 47,6%                   | 100,0% |

**Tabelle 10: Ergebnisse zur Frage 3 hinsichtlich der Muttersprache**

Bei der Frage 3 sieht man, dass 85,7% der befragten SchülerInnen, die Deutsch als Muttersprache haben, bei der Beantwortung ihre SchülerInnenvorstellungen mit eingebracht haben. All jene SchülerInnen, die eine andere Muttersprache als Deutsch haben, teilen sich mit 64,4% auf die Spalten „falsche wissenschaftliche Erklärung“ und „SchülerInnenvorstellung“ auf (35,7% bzw. 28,6%). Hier liegt die Vermutung nahe, dass die Gruppe, die Deutsch als Muttersprache hat, die Frage zwar inhaltlich verstanden hat, aber in die Beantwortung ihre Alltagsvorstellungen mit eingebracht hat. Die Gruppe, die eine andere Muttersprache als Deutsch hat, teilt sich auf die Kategorien SchülerInnenvorstellung und unangemessene Erklärung auf. Hier liegt die Vermutung nahe, dass der Inhalt der Frage, eher schlecht bis gar nicht verstanden wurde.

**Frage 7:** Über einem Topf mit kochendem Wasser wird eine mit kaltem Wasser gefüllte Glasschüssel gehalten. Nach kurzer Zeit bilden sich Tröpfchen. Erkläre bitte in ganzen Sätzen, was deiner Meinung nach geschehen ist.

|                           |      |        | Frage 7      |                             |                                     |                         | Gesamt |
|---------------------------|------|--------|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------|
|                           |      |        | keine Angabe | Wissenschaftliche Erklärung | falsche wissenschaftliche Erklärung | SchülerInnenvorstellung |        |
| Deutsch als Muttersprache | Ja   | Anzahl | 0            | 7                           | 0                                   | 0                       | 7      |
|                           |      | %      | 0%           | 100,0%                      | 0%                                  | 0%                      | 100,0% |
|                           | Nein | Anzahl | 2            | 3                           | 8                                   | 1                       | 14     |
|                           |      | %      | 14,3%        | 21,4%                       | 57,1%                               | 7,1%                    | 100,0% |
| Gesamt                    |      | Anzahl | 2            | 10                          | 8                                   | 1                       | 21     |
|                           |      | %      | 9,5%         | 47,6%                       | 38,1%                               | 4,8%                    | 100,0% |

**Tabelle 11: Ergebnisse zur Frage 7 hinsichtlich der Muttersprache**

Ich möchte nochmals auf die Frage 7 eingehen. Das Ergebnis bei der Gruppe mit Deutsch als Muttersprache zeigt, dass alle sieben SchülerInnen dieser Gruppe bei der ersten Befragung (Zeitpunkt 0) als Antwort eine wissenschaftliche Erklärung gegeben haben. Im zeitlichen Verlauf ist jedoch zu erkennen, dass es zwischen den einzelnen Befragungen ein verändertes Antwortverhalten gab. Weiters ist zu erkennen, dass der Anteil der SchülerInnen mit einer nichtdeutschen Muttersprache, der eine richtige Antwort gab, mit Ausnahme bei der zweiten Erhebung (Zeitpunkt 1), relativ gering war. In der folgenden Tabelle wird zusätzlich noch der Zusammenhang zwischen zeitlicher Entwicklung und Muttersprache bei der Frage 7 dargestellt:



| Kategorie   |                           |      | Frage 7      |                             |                                     |                          |
|-------------|---------------------------|------|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
|             |                           |      | keine Angabe | wissenschaftliche Erklärung | falsche wissenschaftliche Erklärung | SchülerInnen-vorstellung |
|             |                           |      | Anzahl       | Anzahl                      | Anzahl                              | Anzahl                   |
| Zeitpunkt 0 | Deutsch als Muttersprache | Ja   | 0            | 7                           | 0                                   | 0                        |
|             |                           | Nein | 2            | 3                           | 8                                   | 1                        |
| 1           | Deutsch als Muttersprache | Ja   | 2            | 3                           | 0                                   | 2                        |
|             |                           | Nein | 2            | 6                           | 5                                   | 3                        |
| 2           | Deutsch als Muttersprache | Ja   | 2            | 5                           | 0                                   | 1                        |
|             |                           | Nein | 1            | 3                           | 5                                   | 4                        |

Tabelle 12: Gegenüberstellung der Messzeitpunkte und der Muttersprache bei der Frage 7

Aus der Tabelle 12 erst ersichtlich, dass bei der ersten Befragung (Zeitpunkt 0) und bei der dritten Befragung (Zeitpunkt 2) jeweils 21 SchülerInnen anwesend waren, bei der zweiten Befragung (Zeitpunkt 1) waren 23 SchülerInnen anwesend (siehe auch 7.9.1, Stichprobenumfang).

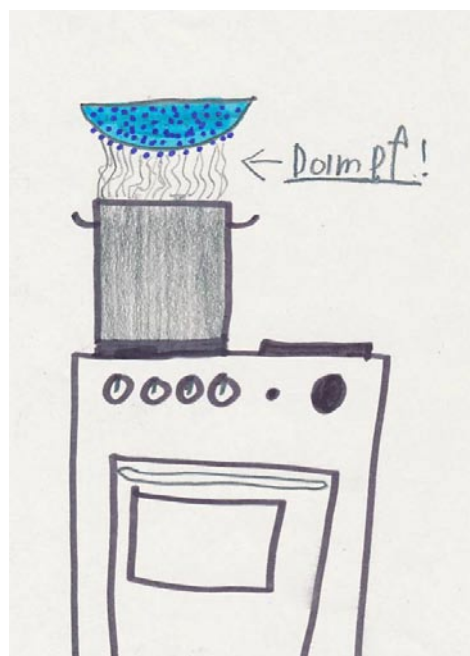
### 7.8.2 Qualitative Abgrenzung zu den quantitativen Ergebnissen

Die Ergebnisse vor allem aus der Frage 7 sind sehr auffällig und wurden daher einer weiteren Betrachtung unterzogen. Es liegt die Vermutung nahe, dass es möglicherweise beim Textverständnis Schwierigkeiten gab. Um das zu überprüfen haben alle SchülerInnen, die an der Erhebung teilnahmen, haben ein Blatt ausgeteilt bekommen, auf dem die Frage 7 nochmals ausformuliert wurde. Anschließend wurden die SchülerInnen gebeten die Antwort zur Frage zeichnerisch darzustellen. Es sollten mindestens zwei unterschiedliche Farben verwendet werden. Mit dieser Aufgabenstellung wollte ich feststellen, ob es möglicherweise Auffassungsschwierigkeiten gab, insbesondere bei jenen SchülerInnen die nicht Deutsch als Muttersprache haben. Die von den SchülerInnen erstellten Skizzen wurden miteinander verglichen. Das Ergebnis zeigte, was schon vermutet wurde. All jene SchülerInnen, die Deutsch als Muttersprache haben, waren in der Lage, die Frage 7 so zu skizzieren, dass sie als

korrekt eingestuft werden konnte. Von den SchülerInnen, die eine andere Muttersprache als Deutsch haben, wurde die Frage zum Teil korrekt skizziert, jedoch von einem größeren Teil wurde die Frage nicht richtig gezeichnet. Im Folgenden wird das Ergebnis in Form einer Tabelle noch detailliert aufgelistet. Zusätzlich werden einige Beispiele der von den SchülerInnen gezeichneten Bilder kommentiert.

|                                  | SchülerInnen | Richtig | Falsch | Angabe in % |        |
|----------------------------------|--------------|---------|--------|-------------|--------|
|                                  |              |         |        | richtig     | falsch |
| <b>Deutsch als Muttersprache</b> | 8            | 8       | 0      | 100%        | 0%     |
| <b>Andere Muttersprache</b>      | 13           | 5       | 8      | 38%         | 62%    |

**Tabelle 13: Ergebnisse der Interpretation der Skizzen**



**Abb. 12: Skizze zu Frage 7 von SchülerInnen mit Deutsch als Muttersprache (links M001/ rechts K004)**



**Abb. 13: Skizze zu Frage 7 von SchülerInnen mit einer anderen Muttersprache (links K008/ rechts K006)**  
 Betrachtet man die Skizzen in Abbildung 12, dann wird, obwohl die Qualität der Bilder sehr unterschiedlich ist, doch zwischen Dampf und kondensiertem Wasser unterschieden, was man anhand der Skizze auch erkennen kann.

Die Zeichnungen in Abbildung 13 unterscheiden sich deutlich von den beiden Bildern in Abb. 12. Im linken Bild sind die Wassertröpfchen im unteren, heißen Gefäß eingezeichnet. Im rechten Bild ist das obere Gefäß verkehrt dargestellt, außerdem hängen die Wassertröpfchen irgendwie in der Luft. Die weiteren 8 Skizzen sind in einer ähnlichen Art und Weise wie die eben beschriebenen Zeichnungen dargestellt.

Im Abschnitt 6.2 bin ich auf die Problematik der sprachlichen Heterogenität eingegangen. SchülerInnen mit einer anderen Muttersprache als Deutsch müssen nicht nur die grundlegenden Inhalte lernen, sondern auch die spezifische Sprache der Chemie verstehen und lernen (Leisen, 2004) Aufgrund dieser Kombination fehlen den SchülerInnen in zweierlei Hinsicht die sprachlichen Kenntnisse, die notwendig sind, um am Unterricht aktiv teilzunehmen (Deppner, 1989). Vermutlich sind auch das die Gründe, warum die SchülerInnen mit nichtdeutscher Muttersprache schlechter abgeschnitten haben, als jene mit Deutsch als Muttersprache.

Für mich als Lehrer bedeutet dies, dass ich in der Unterrichtsplanung und auch im Verlauf des Unterrichts verstärkt darauf achten muss, was nicht verstanden wurde. Gegebenenfalls muss nochmals darauf eingegangen werden. Insbesondere muss ich auf jene SchülerInnen verstärkt achten, die sprachliche Schwierigkeiten haben. Die Ergebnisse meiner Untersuchung sind trotz der kleinen Fallzahl dennoch sehr aufschlussreich.

## 7.9 Methodenreflexion

Für meine Untersuchung hat sich der Fragebogen als alleiniges Forschungsinstrument nur als bedingt geeignet erwiesen. Ich musste feststellen, dass die Fragestellung teilweise geändert werden muss. Auf diesen Punkt werde ich aber noch eingehen. Die Auswertung war mit Hilfe der verwendeten Literatur gut durchzuführen (siehe Abschnitt 7.9).

Im Zuge der Auswertung hat sich für mich doch etwas überraschend herausgestellt, dass die Fragestellung auch für die SchülerInnen mit Deutsch als Muttersprache teilweise zu anspruchsvoll war. Viele Fragen, vor allem die offenen Fragen, wurden sehr oft nicht beantwortet, was zu einem unvollständigen Datensatz geführt und die Aussagekraft geschmälert hat.

Der verwendete Fragebogen enthielt eine geschlossene Frage (Frage 5):

Was geschieht, wenn man Luft in einen Fahrradreifen pumpt? *Kreuze bitte an, was deiner Meinung nach zutrifft!*

Hier war immer nur anzukreuzen. Das Diagramm 5 zeigt das Antwortverhalten der SchülerInnen. Sie wurde zu allen Zeitpunkten der Befragungen zu über 80% korrekt beantwortet.

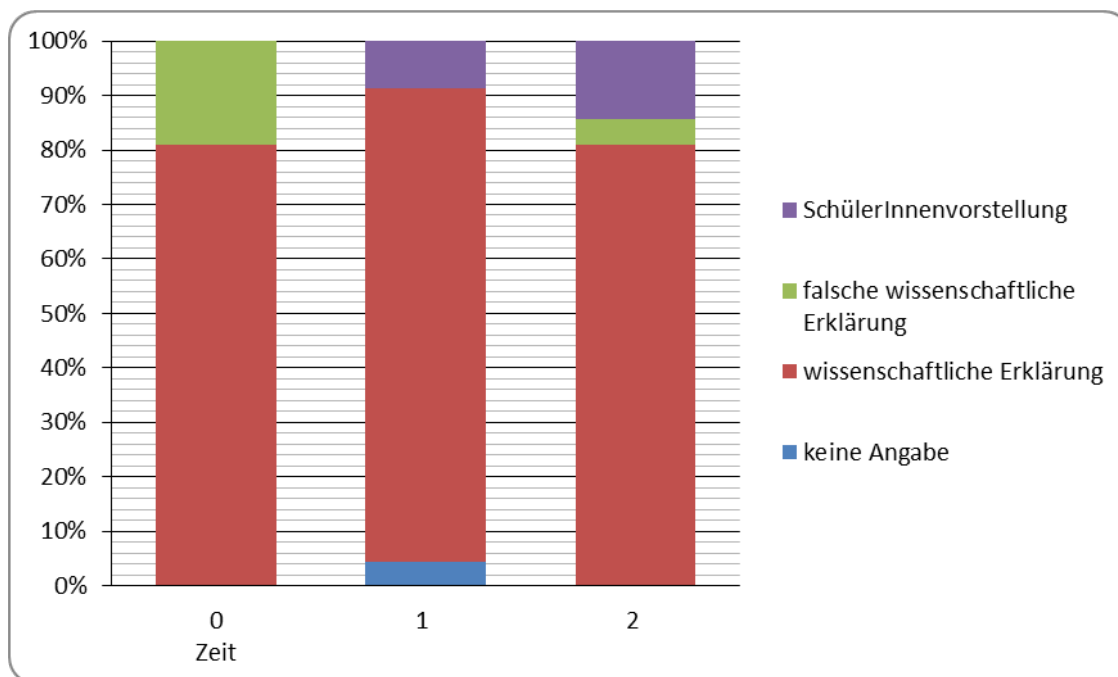


Diagramm 5: Antwortverhalten bei der Frage 5

Es empfiehlt sich, qualitative Forschungsmethoden wie z. B. Interviews, Videoanalysen oder eine Kombination von beiden in Betracht zu ziehen. Dadurch können Ergebnisse, die nach der quantitativen Untersuchung nicht ganz eindeutig sind, besser verstanden und neu bewertet werden. Da der Zeitrahmen für meine Untersuchung sehr eng gesteckt war, konnte ich auf diese sehr nützlichen Methoden nicht mehr zurückgreifen.

Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, sollten neben geeigneten Forschungsmethoden zusätzlich ein größerer Zeitrahmen und eine größere Anzahl an Stichproben in Betracht gezogen werden. Um eine ausreichend große Fallzahl festlegen zu können, ist der Test nach McNemar ein gut geeignetes Werkzeug. Beim McNemar-Test wird zwischen zwei verbundenen Stichproben, z. B. die Veränderung zwischen zwei Zeitpunkten, untersucht. Fallzahlen, die keine Veränderungen beschreiben, werden einfach ignoriert. Daher ist der McNemar-Test auch sensibler als der  $\chi^2$ -Test. In vielen Studien ist die Probandenzahl gering, wodurch ein vorhandener Effekt zwischen zwei Gruppen vielleicht nicht erkannt wird. Die Wahrscheinlichkeit, einen vorhandenen Effekt zu erkennen, wird durch die Stärke des statistischen Verfahrens, ihre Power ( $\beta-1$ ), beschrieben. Sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der die Nullhypothese abgelehnt wird. Je strenger die Kriterien für die Ablehnung der Nullhypothese sind, desto kleiner ist die Power des Tests.

Damit eine entsprechend größere Stichprobenzahl festgelegt werden kann, geht man z. B. von folgenden Voraussetzungen aus:

Bei einem Signifikanzniveau von 5% und einer Power ( $\beta-1$ ) von 80% ergibt die Fallzahl von 77 SchülerInnen eine signifikante Änderung, wenn wir von der Annahme ausgehen, dass 10% der ProbandInnen vor der Befragung eine wissenschaftliche Erklärung geben konnten und nach der Befragung diese nicht mehr wussten. Gleichzeitig konnten 30% der SchülerInnen vor der Befragung keine wissenschaftliche Erklärung geben, nach der Befragung waren sie in der Lage eine korrekte Antwort zu geben. Für eine Untersuchung, wie ich sie gemacht habe, würde das bedeuten, dass sich der Anteil an signifikanten Ergebnissen erhöht, wenn die Anzahl der SchülerInnen aufgrund der obigen Annahme auf mindestens 71 erhöht wird.

Im Vergleich würde sich aus der vorhandenen Fallzahl von 21 folgende Überlegung ergeben:

Bei einem Signifikanzniveau von 5% und einer Power ( $\beta-1$ ) von 80% ergibt sich nach dem Test von McNemar bei einer Stichprobenzahl von 21 SchülerInnen folgende Annahme:

Die Veränderung wäre dann signifikant, wenn 60% der SchülerInnen die vor der Befragung keine wissenschaftliche Antwort wussten nun eine angeben können und im Gegensatz dazu

hätten 10% der SchülerInnen die vorher eine wissenschaftliche Erklärung wussten, diese nun vergessen (Bortz, Lienert und Boehnke, 2008).

Aufgrund der oben beschriebenen Annahme hätten etwa 12 von 21 SchülerInnen vor der 1. Befragung (Zeitpunkt 0) keine wissenschaftliche Antwort gewusst, nach der 3. Befragung (Zeitpunkt 2) aber eine wissenschaftliche Antwort geben können. Dieses Ergebnis wurde bei zwei Fragen erzielt. Es konnte ein signifikantes Ergebnis sowohl bei Frage 2 als auch bei Frage 3 festgestellt werden (vergleiche Abschnitt 7.9.11). Das Ergebnis bei Frage 5 ist deswegen nicht signifikant, da zu allen drei Zeitpunkten über 80% der befragten SchülerInnen die richtige Antwort gewusst haben.

Der Test nach McNemar ist insofern ein nützliches Instrument, weil im Vorfeld schon abgeschätzt werden kann wie viel TeilnehmerInnen für eine Untersuchung notwendig sind, um einen größtmöglichen Anteil an signifikanten Ergebnissen zu erzielen.

## **7.10 Zusammenfassung**

Der Sinn meiner Untersuchung lag darin, SchülerInnen während einer Unterrichtseinheit zu begleiten und zu untersuchen. Dabei sollte auf folgende Fragen eingegangen werden:

- Welche SchülerInnenvorstellungen sind vorhanden?
- Inwieweit stimmen die Ergebnisse meiner Auswertung in Bezug auf die SchülerInnenvorstellungen mit den Ergebnissen anderer Studien überein?
- Welche geschlechtsspezifischen Unterschiede lassen sich feststellen?
- Inwieweit unterscheiden sich die Befragungsergebnisse der SchülerInnen mit Migrationshintergrund (Anteil rund 66%) von den SchülerInnen ohne Migrationshintergrund?
- Wie schlägt sich mein Unterricht auf die Verwendung von Alltagsvorstellungen nieder und gibt es eine Veränderung?

Aufgrund der Ergebnisse kann ich sagen, dass SchülerInnenvorstellungen in unterschiedlichsten Ausprägungen vorhanden sind (siehe Abschnitt 7.9.1.1). Weiters sind meine Ergebnisse durchaus mit den beschriebenen Forschungen aus den Abschnitten 4.1, 4.2 und 4.3 vergleichbar. Man kann zum Beispiel davon ausgehen, dass ca. 25–30% der SchülerInnen mit Präkonzepten in den Unterricht kommen (Stavy, 1990a). SchülerInnenvorstellungen kann man ändern, diese Veränderungen sind jedoch nicht nachhaltig wenn z. B. bei der Unterrichtsplanung langfristig keine Rücksicht darauf genommen wird (Barke, 2006).

Beim Geschlecht zeigten nur zwei Fragen jeweils einen signifikanten Unterschied (siehe Abschnitt 7.9.1.2). Ebenso verhielt es sich bei der Muttersprache (siehe Abschnitt 7.9.1.3). Die Auswertungen meiner Untersuchung haben gezeigt, dass die Ergebnisse im Bezug auf die Entwicklung zwischen der ersten und der letzten Befragung, bei zwei Fragen eine signifikant besser geworden sind (siehe Abschnitt 7.9.1.1).

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass die Ergebnisse nicht so eindeutig waren, wie ich es vielleicht erwartet hätte. Das liegt sicherlich daran, dass die Gruppe relativ klein war und wahrscheinlich wurde der Zeitraum für die Untersuchung zu kurz angesetzt. Ein weiterer Grund könnte sein, dass trotz sorgfältiger Planung, die SchülerInnen mit nichtdeutscher Muttersprache noch zu wenig berücksichtigt wurden.

Es hat sich gezeigt, dass Unterricht, wenn er entsprechend adaptiert wird, behilflich sein kann, Schüler und Schülerinnen anzuregen, wissenschaftliche Erklärungen zu verwenden. Adaptierter Unterricht kann zum Beispiel bedeuten, dass Versuche so ausgewählt werden, dass SchülerInnen von ihren Alltagsvorstellungen weg gebracht werden (siehe Abschnitte 4.1, 4.2 und 4.3). SchülerInnen sind gerne bereit, handlungsorientiert zu arbeiten. Dabei ist es aber wichtig, dass Zeit und Raum gelassen wird, Ergebnisse zu interpretieren und zu präsentieren. Es haben sich aus meiner Untersuchung spannende Aspekte ergeben (vgl. Abschnitt 7.9.1). Es wäre z. B. sehr interessant so eine Untersuchung auf ein ganzes Schuljahr auszudehnen. Sehr aufschlussreiche Ergebnisse sind sicherlich aus einer Untersuchung zu erwarten, die auf mehrere Schulen ausgedehnt wird. Dies sind Aspekte auf denen man durchaus aufbauen kann. Bei derartigen Untersuchungen die in einem breiteren Rahmen durchgeführt werden, sind Ergebnisse zu erwarten, die für die Unterrichtsarbeit von LehrerInnen sicherlich sehr wertvoll sind.

## **8. Fazit und Ausblick**

Ein spannender Aspekt bei meiner Untersuchung war, dass die Präkonzepte meiner SchülerInnen mit denen aus den Untersuchungen von Novick und Nussbaum (1981), Osborne und Cosgrove (1983), Stavy (1990a), um hier einige zu nennen, vergleichbar sind (siehe Abschnitte 4.1 4.2 und 4.3). Präkonzepte sind im Unterricht allgegenwärtig. Dies kann und muss LehrerInnen bewusst gemacht werden. Unterricht kann so geplant und gestaltet werden, dass diese Präkonzepte Berücksichtigung finden. Die Studien von Johnson (1998a) haben gezeigt, dass Änderungen nur dann nachhaltig sind, wenn der Unterricht über einen längeren Zeitraum entsprechend adaptiert wird. Die Vermutung liegt nahe, dass sich ein ähnlicher Effekt auch bei meinen SchülerInnen erzielen lässt, sofern der Chemieunterricht über das ganze Jahr hindurch entsprechen adaptiert ist.

### **8.1 Implikationen für Forschung**

Spannende Ergebnisse kann man aus Studien erwarten, wo SchülerInnen aus unterschiedlichen Schultypen in Hinblick auf SchülerInnenvorstellungen untersucht werden. Hierbei könnten u. a. SchülerInnen aus BMHS, AHS und PTS untersucht und die Ergebnisse miteinander verglichen werden. Ebenso kann eine 7. und 8. Schulstufe in einer Längsschnittstudie beforscht werden. Es ergibt sich die Möglichkeit über einen längeren Zeitraum zu forschen. Hierbei kann man viel detaillierter der Frage nachgehen ob es eine Änderung bei SchülerInnenvorstellungen gibt. Genauso können geschlechtsspezifische Einflüsse und der Einfluss der Muttersprache beforscht werden. Die Ergebnisse sind sicherlich sehr vielversprechend. Da hier über einen längeren Zeitraum untersucht wird, können Methoden wie Fragbogen, Interviews und auch Videobeobachtungen zur Anwendung kommen. Die SchülerInnen werden über zwei Jahre hindurch begleitet, wodurch man sich detailliertere Ergebnisse erwarten kann. Weitert man die Forschung auf mehrere Schulen über einen längeren Zeitraum aus, dann sollte bedacht werden, dass einige zusätzliche Aspekte berücksichtigt werden müssen. Bei so einem großen Untersuchungsumfang sind zwangsläufig mehrere LehrerInnen involviert, daher bedarf es einer sorgfältigen Planung und Vorbereitung. Hier findet man einen großen Spielraum für die unterschiedlichsten Forschungsthemen, wo sicherlich sehr interessante und nützliche Ergebnisse erzielen werden können.



## 8.2 Implikationen für Unterricht

Unterricht sollte lebensnah gestaltet werden, d. h. die Erlebniswelt der SchülerInnen muss in den Unterricht mit eingebaut werden. Betrachtet man die Lehrpläne z. B. der Hauptschule, der AHS oder PTS (Lehrplan der HS, 2003, Lehrplan an Gymnasien und Realgymnasien, 2003, Lehrplan der PTS, 2008), ist dies zwar vorgesehen, findet aber in der Praxis nicht immer statt. Der Unterricht muss schülerInnenorientiert, das heißt, an die individuellen Voraussetzungen wie die Altersstufe, die Entwicklungsstufe, Sprach- und Leistungsniveau usw. angepasst sein. Damit in diesem Sinne geplant bzw. auf SchülerInnenvorstellungen besser eingegangen werden kann, können diese Faktoren mit einer Befragung und Beobachtungen ermittelt werden.

Mit den Ergebnissen können StudentInnen im Rahmen der LehrerInnenausbildung konfrontiert werden. Dadurch kann man erreichen, dass sich angehende LehrerInnen während der Ausbildung mit der Problematik von SchülerInnenvorstellungen auseinandersetzen müssen und dafür sensibilisiert werden. Gleichzeitig sollten diese Erkenntnisse im Rahmen von LehrerInnenfortbildungen auch möglichst vielen KollegInnen zugänglich gemacht werden.

Ebenso sollte in der Unterrichtsplanung vielmehr der fächerübergreifende Unterricht in Betracht gezogen werden. Dadurch haben SchülerInnen die Möglichkeit, Zusammenhänge zu erkennen und werden somit von einer isolierten Betrachtungsweise weggeführt.

Ich möchte noch anmerken, dass es für LehrerInnen sehr hilfreich sein kann, wenn sie ihren eigenen Unterricht beforschen. Die Ergebnisse, die daraus erzielt werden können, bringen Erkenntnisse über sich selbst aber auch über die beforschten SchülerInnen und sollen die Gestaltung des Unterricht beeinflussen.

Ich bin seit über 12 Jahren u. a. als Chemielehrer tätig und lege sehr viel Wert auf sorgfältige Planung und abwechslungsreichen Unterricht. Beim Studium der Literatur ist mir bewusst geworden, wie sehr sich dennoch die Routine in die tägliche Arbeit eingeschlichen hat. Während meiner Untersuchung ist mir aufgefallen, dass ich bei meinen Planungen die SchülerInnenvorstellungen viel zu wenig berücksichtigt habe. Es hat sich gezeigt, dass schon eine Änderung auftreten kann, wenn bei der Auswahl von Versuchen auf das Vorhandensein von Präkonzepten Rücksicht genommen wird. Das alleine ist jedoch nicht ausreichend. Andere Faktoren wie Muttersprache, Vorwissen und persönliches Interesse müssen in der Planung ebenfalls berücksichtigt werden, wodurch der Chemieunterricht möglicherweise für SchülerInnen wieder interessanter wird. Wenn alle PädagogInnen aller Schulstufen auf die oben genannten Punkte achteten, dann wären die Ergebnisse vielleicht auch nachhaltig.

Die tägliche Arbeit mit SchülerInnen ist eine sehr interessante und erfüllende Aufgabe. Die Ergebnisse meiner Untersuchung haben mir gezeigt, wie spannend meine Arbeit ist, und haben mich weiters dazu angeregt, mehr auf die Bedürfnisse meiner SchülerInnen einzugehen und im Sinne meiner Forschung zu arbeiten.

## Abbildungsverzeichnis

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 1  | CHEMICAL TRIANGLE NACH JOHNSTONE (BARKE, 2006).....                  | 24  |
| 2  | KEPLER- VERMUTUNG.....   | 47  |
| 3  | OKTAEDERMODELL IM VERGLEICH MIT DEM<br>ALAUNKRISTALL.....            | 49  |
| 4  | LÖSEN VON JODKRISTALLEN.....   | 50  |
| 5  | „DENKEN IN MODELLEN“ NACH STEINBRUCH.....                            | 51  |
| 6  | ANSCHAUUNGSMODELL ZU DEN AGGREGATZUSTÄNDEN<br>(BARKE, 2006).....     | 54  |
| 7  | GERÄT ZUR KINETISCHEN GASTHEORIE.....                                | 56  |
| 8  | KLEBESHEMA DES MODELLS.....  | 59  |
| 9  | PHYSIK/ CHEMIESAAL DER PTS 20.....                                   | 81  |
| 10 | BEISPIEL FÜR ITEMS AUS DEM FRAGEBOGEN.....                           | 87  |
| 11 | ABLAUFMODELL DER SKALIERENDEN STRUKTURIERUNG<br>(MAYRING, 2010)..... | 93  |
| 12 | SCHÜLERINNEN MIT DEUTSCH ALS MUTTERSPRACHE.....                      | 114 |
| 13 | SCHÜLERINNEN MIT EINER ANDEREN MUTTERSPRACHE.....                    | 115 |

## Diagramme

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | ANTEIL DER SCHÜLERINNEN DIE EINE ANDERE<br>MUTTERSPRACHE HABEN..... | 74  |
| 2 | VERGLEICH DER MUTTERSPRACHEN IN DER G1.....                         | 80  |
| 3 | GRAPHISCHE VERANSCHAULICHUNG DER FRAGE 2.....                       | 106 |
| 4 | GRAPHISCHE VERANSCHAULICHUNG DER FRAGE 3.....                       | 107 |
| 5 | ANTWORTVERHALTEN BEI FRAGE 5.....                                   | 116 |

## **Tabellenverzeichnis**

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>1</b>  | <b>VERSUCHE ZU WASSERSTOFF.....</b>   | <b>34</b>  |
| <b>2</b>  | <b>ERGEBNISSE ZUR BEFRAGUNG.....</b>  | <b>37</b>  |
| <b>3</b>  | <b>SPRACHENVERTEILUNG AN DER PTS 20.....</b>                                      | <b>73</b>  |
| <b>4</b>  | <b>ZUSAMMENSETZUNG DER MUTTERSPRACHEN IN DER G1.....</b>                          | <b>80</b>  |
| <b>5</b>  | <b>VERGLEICH DER ÜBEREINSTIMMENDEN ANTWORTEN.....</b>                             | <b>90</b>  |
| <b>6</b>  | <b>BEGRÜNDUNG DER EINSCHÄTZUNG.....</b>   | <b>104</b> |
| <b>7</b>  | <b>ERGEBNISSE DER NICHTSIGNIFIKANTEN ANTWORTEN.....</b>                           | <b>108</b> |
| <b>8</b>  | <b>KONTINGENZTABELLE ZU FRAGE 2.....</b>  | <b>109</b> |
| <b>9</b>  | <b>KONTINGENZTABELLE DER FRAGE 9.....</b>   | <b>110</b> |
| <b>10</b> | <b>ERGEBNISSE DER FRAGE 3 HINSICHTLICH DER<br/>MUTTERSPRACHE.....</b>             | <b>111</b> |
| <b>11</b> | <b>ERGEBNISSE DER FRAGE 7 HINSICHTLICH DER<br/>MUTTERSPRACHE.....</b>             | <b>112</b> |
| <b>12</b> | <b>VERGLICH ZWISCHEN ZEITLICHEM ABLAUF UND<br/>MUTTERSPRACHE BEI FRAGE 7.....</b> | <b>113</b> |
| <b>13</b> | <b>ERGEBNISSE DER INTERPRETATION DER SKIZZEN .....</b>                            | <b>114</b> |

## Anhang

| Seite(n) | Bezeichnung | Beschreibung   |
|----------|-------------|--|
| 127      | A 1         | Fragebogen   |
| 131      | A 2         | Anweisung zur Erstellung einer Skizze                                      |
| 132      | A 3         | Stundenvorbereitung: Teilchenmodell  |
| 133-134  | A 4         | Stundenvorbereitung: Leerer Raum zwischen den Teilchen                     |
| 135-136  | A 5         | Stundenvorbereitung: Alle Stoffe bestehen aus kleinste Teilchen den Atomen |

Kodierung:

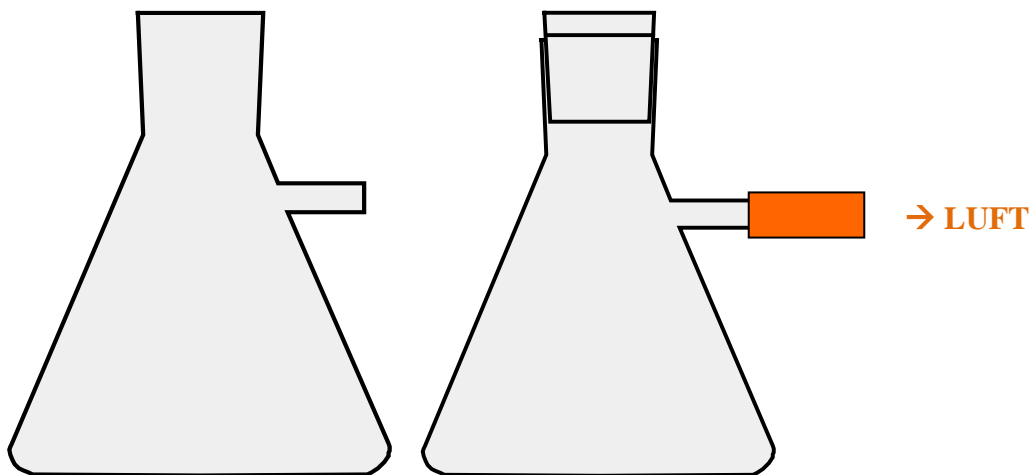
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

Datum: \_\_\_\_\_

## Fragebogen (A1)

In diesem Fragebogen möchte ich erfahren, was du über Teilchen und Gase denkst. Ich bitte dich die Fragen genau durchzulesen und so zu beantworten, wie sie deiner Meinung nach richtig sind. Ich bedanke mich für deine Mitarbeit.

1. Bei dem rechts abgebildeten Kolben wurde **ein Teil** der Luft abgesaugt. Der linke Kolben bleibt unverändert. *Zeichne ein, wie sich die Luft in den **beiden Kolben** verteilt!*



2. Ein Auto fährt eine Strecke von 100 km. Wie ändert sich der Reifendruck während der Fahrt? *Kreuze eine Antwort an und ergänze sie!*

- Der Reifendruck bleibt unverändert, weil \_\_\_\_\_
- Der Reifendruck sinkt, weil \_\_\_\_\_
- Der Reifendruck erhöht sich, weil \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

3. Von einem Eisblock wird die Temperatur von ursprünglich  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  erhöht. Beschreibe in ganzen Sätzen, was mit dem Eisblock geschieht:

---

---

---

---

---

---

---

4. Wasser wird in einem Topf zum Kochen gebracht. Woraus bestehen die aufsteigenden Blasen? Bitte kreuze eine Antwort an und begründe sie!

- Heiße Luft, weil \_\_\_\_\_
- Wasserdampf, weil \_\_\_\_\_
- Sauerstoff/ Wasserstoff, weil \_\_\_\_\_
- Luft, weil \_\_\_\_\_
- Andere Möglichkeit: \_\_\_\_\_

5. Was geschieht, wenn man Luft in einen Fahrradreifen pumpt? Kreuze bitte an, was deiner Meinung nach zutrifft!

- Die Gesamtmasse wird erhöht.
- Die Gesamtmasse bleibt gleich.
- Die Gesamtmasse wird weniger.
- \_\_\_\_\_

6. An einem heißen Sommertag wird ein mit Wasser gefüllter Kübel in den Garten gestellt. Am Nachmittag hat sich der Wasserspiegel im Kübel um 3 cm gesenkt. *Wie erklärst du dir das?*

---

---

---

---

---

---

---

7. Über einem Topf mit kochendem Wasser wird eine mit kaltem Wasser gefüllte Glasschüssel gehalten. Nach kurzer Zeit bilden sich Tröpfchen. *Erkläre bitte in ganzen Sätzen, was deiner Meinung nach geschehen ist.*

---

---

---

---

---

---

---



8. Ein Luftballon wird nach dem Befüllen in einen Kühlschrank gelegt. *Was glaubst du, was mit dem Ballon geschieht?*

Es geschieht nichts

Der Ballon wird kleiner, weil \_\_\_\_\_

Der Ballon wird größer, weil \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9. *Erkläre bitte in deinen Worten, was ein Gas ist.*

---

---

---

---

---

---

---

10. Was versteht man unter dem Begriff Teilchen und welche Eigenschaften haben sie?  
*Beschreibe bitte in ganzen Sätzen.*

---

---

---

---

---

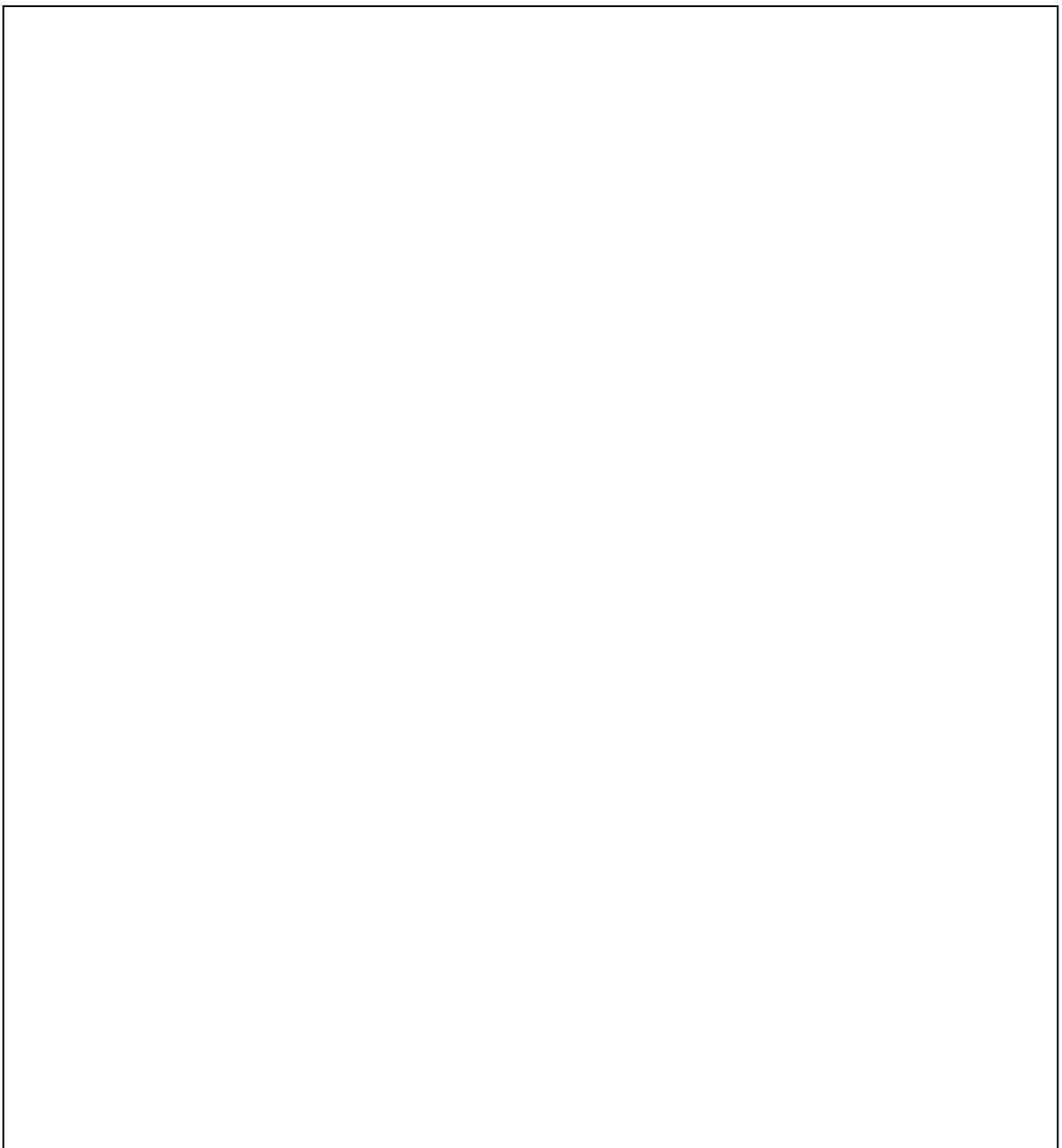
---

---

## Anweisung zur Erstellung einer Skizze (A2)

Versuche zu dem folgenden Text ein Bild zu zeichnen. Verwende mindestens zwei verschiedene Farben hierfür. Wie kann man sich das vorstellen, was dort beschrieben steht?

Über einem Topf mit kochendem Wasser wird eine mit kaltem Wasser gefüllte Glasschüssel gehalten. Nach kurzer Zeit bilden sich Tröpfchen.



(A3) Name: Markus Idlhammer

**Klasse G 1**

Stundenthema: Teilchenmodell/ 2 UE (Schmidkunz, Häusler, Ansari und Demuth, 2003)

**Geplanter Unterrichtsverlauf**

**Lernziele: Die SchülerInnen**

- sollen mit der Vorstellung vertraut werden dass Stoffe aus kleinsten Teilchen bestehen;
- sollen die Teilchenvorstellung zur Deutung von Phänomenen heranziehen, die mit der Kontinuumsvorstellung nicht erklärt werden können;
- sollen in der Lage sein, Lösen und Kristallisieren mit einem Teilchenmodell zu erklären.

| Zeit    | Phase des Lernprozesses   | Handeln des Lehrers   | Handeln der SchülerInnen  | Sozialformen<br>Organisationsrahmen   | Begründung für die Wahl d. Sozialformen<br>und des Organisationsrahmens  |
|---------|---|---|---|---|--|
| 2 Min   | Begrüßun<br><b>Vorbereitung:</b>                                  | L verteilt einen Duftstoff im Raum, und fragt die S wie es zur Verteilung kam.  | S: Stoffe bestehen aus kleinen Teilchen die sich bewegen  | LV, LS-Gespräch   | S. sollen zum Mitarbeiten angeregt werden  |
| 20 Min  | Hinführung zum<br>Teilchenmodell<br><b>LZ 1</b>                   | L löst Zucker in einem Becherglas mit Wasser und fragt die S was passiert<br>L löst Iod-Kristall in Ethanol<br>L zeigt Modellversuch zum Lösen von Iod in Ethanol<br>Alaun (Kaliumaluminiumsulfat-Hydrat) wird in Wasser gelöst,<br>Kristalle die schon im Vorfeld gezüchtet wurden werden vorgestellt.<br>L: wie kommt diese Struktur zustande | S: beim Lösen von Stoffen vermischen sich die Teilchen mit dem Lösungsmittel<br><br>S: der Kristall besteht aus kleinste Teilchen die sich in einer Kugelpackung anordnen | LV, LS – Gespräch<br><br>LV, LS – Gespräch, OH-Projektor<br><br>SV, GA, LS –Gespräche | Durch den süßen Geschmack wird gezeigt dass der Zucker noch vorhanden ist. Der Iod/Ethanol-Versuch ist analog zum Zuckerversuch, aufgrund der braunen Farbe ist das Lösen noch besser ersichtlich<br>Der Versuch soll die S motivieren, da der Versuch sich über mehrere Wochen erstreckt, bleibt das Thema immer im Raum. |
| 25 Min  | <b>LZ 2</b><br><b>LZ 3</b><br><br><b>Hinführen und Erarbeiten</b> | S bekommen eine Arbeitsanweisung um selbst Kristalle zu züchten   | S holen die Arbeitsanweisung und die Materialien  | LS-Gespräch, AB,  | Modell und der gezüchtete Kristall ➔ Möglichkeit zum Vergleich   |
| 3 Min   | Vorbereitung für die Pause  | L. bereitet die S für die Pause vor   | Die Bechergläser werden zur Seite gestellt. Nicht benötigtes Gerät wird verräumt<br>S können in Gruppenarbeit die Modelle nach Anleitung bauen                            | LS-Gespräch, GA   | S sollen von der Kontinuierlichen Vorstellung weg und hin zur Diskontinuumsvorstellung gebracht werden   |
| 25 Min. | <b>Festigung und Übung</b>  | L zeigt den S einen im Vorfeld gezüchteten Alaunkristall und anschließend wird ein Modell gebaut<br>L wie kann man den Aufbau der Materie erklären?<br>Wh der wichtigsten Punkte  | Stoffe bestehen aus kompakten Kugeln die sich bewegen→ Diffusion, Teilchen ordnen sich nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten.   | LS-Gespräch   |  |
| 15 Min  | <b>LZ 2</b>   |   |   |   |  |
| 10 Min  |   |   |   |   |  |

(A4-1)

Name: Markus Idlhammer

Klasse G 1

Stundenthema: Der Raum zwischen den Teilchen ist leer ☹ „Horror vacui“/ 2 UE (Schmidkunz, Häusler, Ansari und Demuth, 2003)

**Geplanter Unterrichtsverlauf**

**Lernziele: Die SchülerInnen**

- sollen mit der Vorstellung vertraut werden, dass Materie aus kleinsten Teilchen besteht.
- Sollen mit der Vorstellung vertraut werden dass sich zwischen Teilchen keine Materie befindet.
- die Teilchenvorstellung zur Deutung von Phänomenen heranziehen, die mit der Kontinuumsvorstellung nicht erklärt werden können

| Zeit   | Phase des Lernprozesses   | Handeln des Lehrers  | Handeln der SchülerInnen  | Sozialformen<br>Organisationsrahmen                    | Begründung für die Wahl d. Sozialformen und des Organisationsrahmens   |
|--------|---|--|---|--|--|
| 5 Min  | Begrüßung   | L: Wh der vorangegangenen Std.   |   |  |  |
| 15 Min | <b><u>Vorbereitung:</u></b><br>Hinführung zum Gase<br><b>LZ 1</b>                   | L was sind Gase?   | S: nennen ein paar Gase<br>S: Sauerstoff, Stickstoff, CO <sub>2</sub> und andere Gase   | LV, LS-Gespräch<br>LV; LS-Gespräch                     | S. sollen zum Mitarbeiten angeregt werden  |
| 10 Min | <b>LZ 2</b><br><b>LZ 3</b>  | L. Welche Eigenschaften haben Gase?<br>L. zeigt anhand von Versuchen mit H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> und CO <sub>2</sub> deren Eigenschaften.<br>L woraus besteht Luft?<br>L zeigt, dass Luft ein Gemenge von Gasen ist (Stahlwolle im geschl System erhitzen) |   | LS – Gespräch  | Der Begriff „materiefreier Raum“ soll hiermit eingeführt werden. Es wird auch gezeigt, dass mit der Hilfe einer Pumpe ein „materiefreier Raum“ erzeugt werden kann.                                  |
| 20 Min | <b><u>Hinführen und Erarbeiten:</u></b><br><b>LZ2</b><br>Vorbereitung für die Pause | L: was sind vakuumverpackte Lebensmittel?<br>Was ist überhaupt ein Vakuum?<br>L zeigt, anhand von Luft, und CO <sub>2</sub> dass Gase eine Dichte haben (Evakuierung einer Glaskugel, und wiegen)<br>L. demonstriert wie eine Schwedenbombe im                     | S: Lebensmittel in Verpackungen, wo die Luft abgesaugt wurde<br>S: aufgrund des verminderten äußern Luftdrucks kann das Gas im Ballon | LV, LS – Gespräch, Kompressor, Glaskuppel, div. Gerät. | S. sollen erkennen dass Luft und andere Gase ebenfalls eine Dichte besitzen.<br>Im Abgeschlossenen System soll verdeutlicht werden, dass von außen nichts dazugegeben wurde. Die S. sollen erkennen, |

(A4-2) Name: Markus Idlhammer

**Klasse G 1**

Stundenthema: Der Raum zwischen den Teilchen ist leer ☹ „Horror vacui“/ 2 UE (Schmidkunz, Häusler, Ansari und Demuth, 2003)

**Geplanter Unterrichtsverlauf**

**Lernziele: Die SchülerInnen**

- sollen mit der Vorstellung vertraut werden, dass Materie aus kleinsten Teilchen besteht.
- Sollen mit der Vorstellung vertraut werden dass sich zwischen Teilchen keine Materie befindet.
- die Teilchenvorstellung zur Deutung von Phänomenen heranziehen, die mit der Kontinuumsvorstellung nicht erklärt werden können

|         |  |  |  |                                   |  |
|---------|--|--|--|-----------------------------------|--|
| 15 Min. | <b>Festigung und Übung</b><br><br><b>LZ 2</b><br><br><b>LZ 3</b> | Vakuum expandiert. Gleicher Versuch wird mit einem aufgeblasenen Ballon gezeigt.<br><br>L. Warum expandiert der Ballon im Vakuum?  | expandieren.<br><br>S: Die Teilchen bewegen sich aufgrund der äußeren Zufuhr von Energie schneller und benötigen daher mehr platz. | LS –Gespräche                     | dass der relative Abstand der Teilchen zueinander größer geworden ist und dass sich zwischen den Teilchen „ein materiefreier Raum“ befindet. |
| 10 Min  |  | LV: wenige ml Ethanol im Ballon werden in kochendem Wasser erhitzt. Ballon expandiert. Wird er wieder aus dem Wasser genommen, schrumpft er auf die ursprüngliche Größe. | S: beobachten und versuchen das Gesehene mit eigenen Worten zu erklären  | LV, LS-Gespräch,                  | Mit der Hilfe dieses Versuchs sollen die Vorgänge im Ballon im Modell nochmals verdeutlicht werden.  |
| 15 Min  |  | LV: Demonstration vom Gerät zur kinetischen Gastheorie   | S: Eintrag des Tafelbildes   | LV, LS-Gespräch                   |  |
| 10 Min  |  | L: Festigung des Unterrichtsstoffes  |  | LS, Gespräch, Demonstrationsgerät |  |
|         |  | Wh der wichtigsten Punkte  |  | OH-Projektor, OH-Folie            |  |

(A5-1) Name: Markus Idlhammer

**Klasse G 1**

Stundenthema: Alle Stoffe bestehen aus kleinste Teilchen, den Atomen/ 2 UE (Schmidkunz, Häusler, Ansari und Demuth, 2003)

**Geplanter Unterrichtsverlauf****Lernziele: Die SchülerInnen**

- sollen erkennen, dass Stoffe aus Atomen aufgebaut sind. Die Atome bleiben in zusammengesetzten Stoffen (Verbindungen) erhalten
- wissen, dass die Teilchen von gleichen Elementen untereinander genau gleich sind.
- wissen, dass zusammengesetzte Stoffe aus gesetzmäßig angeordneten Atomen aufgebaut sind.
- wissen dass Atome aus einem Atomkern und einer Atomhülle bestehen

| Zeit   | Phase des Lernprozesses   | Handeln des Lehrers   | Handeln der SchülerInnen   | Sozialformen<br>Organisationsrahmen   | Begründung für die Wahl d. Sozialformen und des Organisationsrahmens   |
|--------|---|---|--|---|--|
| 5 Min  | Begrüßung   | Wh. der vorangegangenen Std.  |  |   | S. sollen zum Mitarbeiten angeregt werden  |
| 20 Min | <p><b><u>Vorbereitung:</u></b></p> <p>Hinführung zum Teilchenmodell</p> <p><b>LZ 1</b></p> <p><b>LZ 2</b></p> <p><b>LZ 3</b></p> <p><b><u>Hinführen und Erarbeiten:</u></b></p> | <p>L: Atomvorstellung von Demokrit und Leukipp</p> <p>L: wichtige Gesetzmäßigkeiten die für die Chemie von Bedeutung sind. LV zur Erhaltung der Masse: Streichhölzer im abgeschlossenen System.</p> <p>Hirschhornsalz im geschlossenen System</p> <p>LV: Verbrennen von Eisenwolle</p> <p>Kurze Wiederholung der vorangegangenen Stunde.</p> <p>Einführung der Atomhypothese nach John Dalton: Als Anwendung werden stöchiometrische Formeln aufgestelltL: Atome bestehen aus noch kleineren Teilchen: Thomson entdeckte das Elektron -</p> | <p>S: Streichholz verbrennt, die Gesamtmasse bleibt aber dennoch gleich.</p> <p>Das Hirschhornsalz verschwindet, die Gesamtmasse bleibt gleich.</p> <p>S: Die Eisenwolle ist nach dem Verbrennen deutlich schwerer.</p> <p>S: in einer chem. Verbindg. Sind die Elemente in bestimmten Massenverhältnissen enthalten</p> | <p>LS-Gespräch</p> <p>LV, LS – Gespräch</p> <p>LV, LS-Gespräch</p> <p>LV, LS – Gespräch, OH-Projektor</p> | <p>Bei beiden Teilversuchen reagieren die erhitzten Stoffe zum Teil zu Gasen. Im Fall des Hirschhornsalzes zu Kohlenstoffdioxidgas, Ammoniakgas und Wasserdampf:</p> $(NH_4)_2CO_3 \rightarrow 2 NH_3\uparrow + CO_2\uparrow + H_2O$ <p>Jedes Element besteht aus kleinsten Teilchen, den Atomen. Atome eines elementaren Stoffes haben die gleiche Masse.</p> |
| 25 Min | Vorbereitung für die Pause  |   |  |   |  |

(A5-2) Name: Markus Idlhammer

**Klasse G 1**

Stundenthema: Alle Stoffe bestehen aus kleinste Teilchen, den Atomen/ 2 UE (Schmidkunz, Häusler, Ansari und Demuth, 2003)

**Geplanter Unterrichtsverlauf**

**Lernziele: Die SchülerInnen**

- sollen erkennen, dass Stoffe aus Atomen aufgebaut sind. Die Atome bleiben in zusammengesetzten Stoffen (Verbindungen) erhalten
- wissen, dass die Teilchen von gleichen Elementen untereinander genau gleich sind.
- wissen, dass zusammengesetzte Stoffe aus gesetzmäßig angeordneten Atomen aufgebaut sind.
- wissen dass Atome aus einem Atomkern und einer Atomhülle bestehen

|                   |                                       |   |  |  |   |
|-------------------|---------------------------------------|---|--|--|---|
| 5 Min             | <b>Festigung und Übung</b>            | <p>➔ Atommodell nach Thomson „Rosinenkuchen-Modell“</p> <p>Rutherford´scher Streuversuch zeigt, dass es einen punktförmigen Kern geben muss, wo der größte Teil der Atommasse sitzt. Zwischen Kern und Hülle existiert ein riesiger Abstand. In der Hülle befinden sich Elektronen.</p> <p>L: die Größenverhältnisse zwischen Kern u. Hülle werden mit der Hilfe einer OH-Folie demonstriert.</p> | <p>S: lernen dass Atome nicht „unteilbar“</p> <p>S. anhand des Streuversuchs, sehen die S. wie E. Rutherford zu seiner Erkenntnis gekommen ist.</p>                        | <p>LV, LS –Gespräch</p> <p>LS-Gespräch,</p>          | <p>In dieser Phase werden die Elementarteilchen eingeführt. Vor allem der historische Hintergrund soll nähergebracht werden. Es soll den S. auch die historische Entwicklung nahegebracht werden. Vor allem die Zeitspannen.</p> <p>Es sollte dabei immer darauf geachtet werden, dass hier immer nur von einer Modellvorstellung die Rede ist.</p> |
| 20 Min.           | <p><b>LZ 2</b></p> <p><b>LZ 4</b></p> | <p>L: stellt das Kugelzonen-Modell vor. Der Kern ist positiv geladen, um den Kern befinden sich die Kugelzonen, die eine bestimmte Ausdehnung haben. Darin befinden sich die Elektronen (zwei bis acht). Die Elektronen verteilen sich gleichmäßig, aufgrund ihrer gleichsinnigen Ladung stoßen sie einander ab → sie nehmen max. Entfernung auf einer Kugeloberfläche ein.</p>                   | <p>S: wissen dass Elektronen aus positiv und negativ geladenen Teilchen bestehen. Unterschied zwischen Durchmesser Kern und Atomdurchmesser beträgt <math>10^5</math>.</p> | <p>LS-Gespräch,</p>                                  | <p>Hier wird absichtlich auf die Erwähnung des Bohr´schen Atommodells verzichtet.</p>   |
| 15 Min<br>10 Min. | <p><b>LZ 2</b></p> <p><b>LZ 4</b></p> | <p>L: Wh. die wichtigsten Punkte der vergangenen Stunde.</p>  | <p>S: nennen die wichtigsten Punkte die in der Stunde genannt wurden.</p>  | <p>LS-Gespräch, AB, OH-Folie</p> <p>LS-Gespräch,</p> |   |

## Kurzfassung

Im Chemieunterricht werden hohe intellektuelle Ansprüche an SchülerInnen gestellt. Themenbereiche wie zum Beispiel der Atombau basieren auf Modellvorstellungen, was Jugendlichen erhebliche Schwierigkeiten bereitet, da es sich hier weitgehend um theoretische Inhalte handelt. Es gibt diesbezüglich eine Reihe von Untersuchungen, die zeigen, dass die Unterrichtsinhalte teilweise zu abstrakt sind und diese daher nicht von allen SchülerInnen verstanden werden.

Der theoretische Teil bezieht sich auf zahlreiche Studien, z. B. von Novick & Nussbaum (1981), Osborne & Cosgrove (1983), Stavy (1990a), Johnson (1998b), Keith (2002) und Barke (2006), in denen SchülerInnenvorstellungen untersucht wurden. Dabei wurde u. a. festgestellt, dass etwa 20 bis 30% der untersuchten SchülerInnen ihre Alltagsvorstellungen in den Unterricht mit einbringen. Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie chemische Phänomene, denen das Konzept der Teilchenvorstellung und das Teilchenmodell zugrunde liegt, für Schüler und Schülerinnen anschaulich dargebracht werden können.

Dabei wird eine Klasse nach Geschlecht in zwei Gruppen aufgeteilt. Auch hierzu werden entsprechende Studienergebnisse u. a. von Faulstich-Wieland (2004) und Hannover und Kessels (2001), um hier zwei zu nennen, diskutiert.

Im empirischen Teil werden die Alltagsvorstellungen der SchülerInnen mit Hilfe eines Fragebogens erhoben. Die Items des Fragebogens sind Aufgaben, deren Inhalte sich hauptsächlich auf Phänomene des täglichen Lebens beziehen, die auf Teilchenmodelle zurückzuführen sind. Die Fragen wurden zum Teil aus dem Englischen übersetzt und wurden auch schon in früheren Studien verwendet (Novick/ Nussbaum (1981), Stavy (1990a), Johnson (1998b), Osborne & Cosgrove (1983) u. a.). Nach der ersten Erhebung, deren Ergebnis dazu dient, einen Vergleich der SchülerInnenvorstellungen zwischen beiden Gruppen zu ermöglichen, erfolgt ein Block aus sechs Unterrichtseinheiten mit drei thematischen Schwerpunkten: „Teilchenmodell“, „Horror vacui“ und Einführung der Begriffe „Atome“, „Moleküle“ und „Ionen“. Hierbei werden die Lernprozesse der SchülerInnen über drei Monate hinweg begleitet. Am Ende der sechsten Unterrichtseinheit und am Ende des dritten Monats werden ebenfalls Fragebögen eingesetzt. Um die Ergebnisse mit einander vergleichen zu können, werden die Fragen im Post- und Follow-up-Test nicht verändert. Die Auswertung der geschlossenen Fragen findet mit Hilfe von SPSS statt. Die qualitative Analyse der Antworten auf die offenen Fragestellungen erfolgt unter Verwendung der Technik der skalierenden Strukturierung (Mayring, 2010).



Im Laufe dieser Arbeit soll folgenden Fragestellungen nachgegangen werden:

- Welche SchülerInnenvorstellungen sind vorhanden?
- Inwieweit stimmen die Ergebnisse meiner Auswertung in Bezug auf die SchülerInnenvorstellungen mit den Ergebnissen anderer Studien überein?
- Welche geschlechtsspezifischen Unterschiede lassen sich feststellen?
- Inwieweit unterscheiden sich die Befragungsergebnisse der SchülerInnen mit Migrationshintergrund (Anteil rund 66%) von den SchülerInnen ohne Migrationshintergrund?
- Wie schlägt sich mein Unterricht auf die Verwendung von Alltagsvorstellungen nieder und gibt es eine Veränderung?

## Abstract

If you ask people to tell you about their experiences concerning their chemistry lessons, they often answer that it was rather difficult to understand the contents. Without any doubt these lessons demand quite a lot of intellectual property claims from the pupils. Topics like atomic structure are based on model concepts which cause difficulties for young people because the contents are mostly theoretical. There are studies which show that these contents are partly too abstract and therefore people are not able to understand them.

My hypothesis is that a certain introduction lesson can help to make pupils aware of their misconceptions or even change them. As a consequence it would be easier to understand the basic in chemistry lessons and subsequently the students can more easily apply fundamentals in practice. The theoretical part of my work is based on several studies, e.g. Novick & Nussbaum (1981), Osborne & Cosgrove (1983), Stavy R. (1990a), Johnson (1998b), Taber (2002) and Barke (2006). They show that about 20 to 30% of the pupils bring their preconceptions into tuition. I would like to point out ways in which chemical phenomena, where the concept of particle model is underlying, for students can be presented vividly.

The class is divided into two groups according to gender. As far as monoeducation is concerned, there are some studies which show quite different results (Faulstich-Wieland, 2004).

One to the experiences I gained throughout the last 5 years I can confirm those studies that evaluate the single-sex teaching in relation to the improvement of self-concept of ability as the more effective form (Hannover & Kessels, 2001). The lessons take place in the afternoon. The girl's group is at school on Tuesday and the boys on Thursday. There are 9 girls (4 of them have German as their first language) and 15 boys (with 3 of them with German in the mother tongue).

In the empiric part of my work I want to present the collection of everyday conceptions of the students by using a questionnaire. The items of the questionnaire are mainly related to the phenomena of daily life that are due to particle models. The students should try to describe processes such as evaporation, condensation, melting and pressure. The questions were translated from English to some extent and have been used in previous studies (Novick & Nussbaum, 1981, Stavy, R., 1990a, Johnson, 1998b, etc.). After the first survey, the result is used to allow direct comparisons of students' conceptions between the two groups, an introductory lesson follows, it consists of six teaching units and their methodological focus is

the raising of a cognitive conflict. Three teaching blocks with the thematic focuses "particle model", "horror vacui" and introducing the concepts of "atoms", "molecules" and "ions", are going to accompany the learning processes of students over three months. At the end of the sixth session and at the end of the third month the questionnaires are going to be used again. In order to compare the results, the questions in the post-and follow-up test will not be changed.

Closed questions are analyzed by using a statistical program (SPSS). The answers to the open questions are subjected to qualitative content analysis by Mayring (2010) using the technique of "scaling structuring".

The following questions should be answered with the assistance of classroom observations:

- What student's misconceptions are available?
- In how far the results are consistent with my analysis of the results of other studies?
- What gender differences can be observed?
- To what extent is there a difference between the test-results of students with migration background (percentage about 66%) and those without a migration background?
- Do my lessons possibly procure any changes concerning the student's misconceptions?

As a result, I expect that after the 6 lessons, the students' misconceptions decrease, and instead more scientific concepts are used, which would simultaneously confirm my hypothesis.

## Literatur:

- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., Lederman, N. G.* (2000). Influence of a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 37, No 4, S. 297
- Barke, H. D.* (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*, (1. Auflage). Berlin: Springer Verlag.
- Barker, V.* (2001). Chemical concepts: changing matter. *Education in Chemistry* 38 (4): 92.
- Beveridge, M.* (1985). The development of young children's understanding of the process of evaporation. *British Journal of Educational Psychology* 55: 84 – 90
- Bortz, G/ Lienert G. A./ Boehnke K.* (2008). *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. 3. Auflage. Springer Medizin Verlag, Heidelberg. S. 160 – 168.
- Bortz, J. & Lienert G. A.* (2008). *Kurzgefasste Statistik für die Klinische Forschung. Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben*. 3. Auflage. Springer Medizinverlag, Heidelberg. S. 128 – 131.
- Bosch, K.* (2010). *Elementare Einführung in die angewandte Statistik*. 9. erweiterte Auflage. Vieweg und Teubner Verlag. Springer Fachmedien GmbH, Wiesbaden. S. 124 – 138.
- Bos, W., Lankes, E.-M., Prenzel, M., Schwippert, K., Walther, G., Valtin, R.* (2003). Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- Brandenburger, A.* (2007). Fachunterricht ist Sprachförderung ... Selbstständiger und kompetenter Umgang mit Lesetexten und Fachsprache. *Pädagogik* 6, S. 29-32.
- Brook, A., Briggs, H. and Driver, R.* (1984). Aspects of Secondary Students' understanding of the particulate nature of matter *Children's Learning in Science Project Leeds: University of Leeds*
- Bybee, R. W.* (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In Gräber W. & Bolte C. (Hg). *Scientific literacy an international symposium*. Kiel: Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften. S. 37 – 68.
- Carre, C. & Ovens, C.* (1994). *Developing primary teaching skills*. London, Science 7-11.

- Dhindsa H. S. & Chung G. (2003). Attitudes and achievement of Brunerian science Students. International Journal of Science Education 25, (8), S. 907 -922*
- Döbrich, P. (Hrsg.). (2002). Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachtagung am 15. Dez. 1999. GFPP, Gesellschaft zur Förderung Pädagogischer Forschung. DiPF, Deutsches Institut für internationale Pädagogische Forschung. Frankfurt am Main.*
- Driver, R., Asoko, H., Keach, J., Mortimer, E., Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. Educational Researcher, No. 23, (7), S. 5 -12*
- Duit, R. (1994). Conceptual change approaches in science education. Revised version of a paper presented at the "Symposium on conceptual Change". Jena, Germany: Friedrich Schiller University, S. 1-3,*
- Engel, C. E. & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of student's conceptual frameworks across different task contexts. Science Education 70, (4), S. 473 – 496*
- Fladt, R. (1984). Kurskorrektur im Chemieunterricht, Dargestellt an der Einführung und Anwendung des Teilchenmodells in der Sekundarstufe 1. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, No. 37, S. 354*
- Früh, W (2007). Inhaltsanalyse: Theorie und Praxis. 6. Auflage. UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz.*
- Gage N. L. & Berliner D. C. (1996). Pädagogische Psychologie, 5. Auflage. Psychologie Verlagsunion, Weinheim*
- Gauger, J.-D. (2003). Kerncurriculum Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung. Sankt Augustin: Arbeitspapier, herausgegeben von der Konrad-Adenauer-Stiftung, Nr. 117.*
- Gebhard, U. (2007). Die Natur verstehen? Sinnkonstruktionsprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Jäkel, L; Rohrmann, S; Schallies, M; Welzel, M (Hrsg.): Der Wert der naturwissenschaftlichen Bildung. Mattes-Verlag, Heidelberg.*
- Griffiths, A. K & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. Journal of Research in Science Teaching. 29, (6), S. 611 – 628*

- Hammann, M.* (2004). Kompetenzentwicklungsmodell. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *MNU* 57. S. 196 – 203.
- Hannover B. & Kessels U.* (2002a). Challenge the science-stereotype. Der Einfluss von Technik-Freizeitkursen auf das Naturwissenschaften-Stereotyp von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Pädagogik* 45, Beiheft, S. 341-358
- Hannover, B. & Kessels, U.* (2002b). Monoedukativer Unterricht in Physik in der Gesamtschule. Auswirkungen auf Motivation, Selbstkonzept und Einteilung in Grund- oder Fortgeschrittenenkurse. In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 33, Heft 4, S. 201 – 215
- Harker, R.* (2000). Achievement, Gender and the Single-Sex, Coed Debate. *British Journal of Sociology Education* 21, H 2, S. 203 - 218
- Hayes, P.J.* (1979). ‘The naive physics manifesto’ in D. Michie (ed) *Expert Systems in the Microelectronic Age*. Edinburgh: University Press.
- Hesse, S.* (2008). Wenn Schülern die Wörter fehlen. Fachunterricht in Klassen mit Migrationshintergrund. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, 106,107, S. 66-71.
- Holsti, O. R.* (1969). *Content Analysis for the Social Sciences and Humanities*. Verlag Longman Higher Education.
- Johnson P.* (1998a). Progression in children’s understanding of a „basic” particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education* 20, (4), S. 393 -412
- Johnson, P.* (1998b). Children’s understanding of changes of state involving the gas state, Part 1: Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education* 20, (5), S. 567 – 583
- Johnson, P.* (1998c). Children’s understanding of changes of state involving the gas state, Part 2: Evaporation and condensation below boiling point. *International Journal of Science Education* 20, (6), S. 695 – 709
- Kind, V.* (2004). *Beyond Appearances: Students’ misconceptions about basic chemical ideas*. Durham: School of Education Durham University, 2<sup>nd</sup> edition.
- KMK*, (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Bildungsabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004, Neuwied: Luchterhand.

- Krech D. & Crutchfield R. S.*, (1992). Grundlagen der Psychologie, Band 4 Kognitionspsychologie. Psychologie Verlags Union, Weinheim.
- Kruger, C. J. & Summers, M. K.* (1989). An investigation of some primary teachers' understanding of change in materials. *School Science Review*, Vol. 71, (255), , S. 17 – 27
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., Schwartz, R. S.* (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in science Teaching*, Vol. 39, No. 6, S. 497 – 521
- Leisen, J.* (2004). Der bilinguale Sachfachunterricht aus verschiedenen Perspektiven - Deutsch als Arbeitssprache, als Lernsprache, als Unterrichtssprache und als Sachfachsprache im Deutschsprachigen Fachunterricht (DFU). *Fremdsprache Deutsch*, 30, S. 7-14.
- Lembens A. & Bartosch I.* (2012). Genderforschung in der Chemie und Physikdidaktik. In: *Handbuch Geschlechterforschung und Fachdidaktik*. Verlag für Sozialwissenschaften. Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- Maas, U.* (2005). Sprache und Sprechen in der Migration im Einwanderungsland Deutschland. In: *Maas, U. (Hrsg.): Sprache und Migration. Themenheft. IMIS Beiträge, Heft 26, Osnabrück, S. 89-134.*
- Mayring, P.* (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Technik*. (11. Auflage). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Mikelskis-Seifert, S. & Fischer H.* (2003). Die Bedeutung des Denkens in Modellen bei der Entwicklung von Teilchenvorstellungen – Stand der Forschung und Entwurf einer Unterrichtskonzeption. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* Jg. 9, S. (75-88).
- Millar, R.* (1989). What use are particle ideas to children? Paper presented at the seminar "Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: a central problem in secondary science education" held at the Centre for Science and Mathematics Education, University of Utrecht, 22 - 26 October, 1989.
- Möller, B. & Barke, H.-D.* (2002). Interaktive Software zum Entdecken chemischer Strukturen. In: *Behrendt, H.: Zur Didaktik der Physik und Chemie*, Alsbach.

- Nieswandt, M.* (2001). Von Alltagsvorstellungen zu wissenschaftlichen Konzepten: Lernwege von Schülerinnen und Schülern im einführenden Chemieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften Jg. 7, S. (33-52)
- Novick, S. & Nussbaum, J.* (1978) Junior High School Pupils' understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview study Science Education 62 (3) 273 - 281
- Novick, S & Nussbaum, J.* (1981). Pupils' understanding of the Particulate nature of matter; A cross-age-study. Science Education 65, (2), S. 187 – 196
- Osborne, J. F. & Cosgrove, M.* (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. Journal of Research in Science Teaching, 20, (9), 825 - 838
- Piaget, Jean* (1969). Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde. Stuttgart: Klett.
- Piaget, J. & Inhelder, B.* (1974). The child's construction of quantities. Routledge and Kegan Paul: London
- Pitton, A.* (2004). Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung. Münster: LIT Verlag, S. 135
- Prechtl M.* (2005). Doing Gender ' im Chemieunterricht .Zum Problem der Konstruktion von Geschlechterdifferenz –Analyse, Reflexion und mögliche Konsequenzen für die Lehre von Chemie. Unveröffentlichte Dissertation an der Fakultät für Erziehungswissenschaft, Köln.
- Prenzel, M.* (1995). Zum Lernen bewegen. Unterstützung der Lernmotivation durch Lehre. Blick in die Wissenschaft 4/7, S. 58-66
- Reich, H. H. & Roth, H.-J.* (2002). Spracherwerb zweisprachig aufwachsender Kinder und Jugendlicher. Hamburg: Behörde für Bildung und Sport.
- Riebling, L. & Bolte, C.* (2008). Sprachliche Heterogenität im Chemieunterricht. In: Höttecke, D. (Hrsg.): Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik – Jahrestagung in Essen 2007, S. 176 – 178, Münster: LIT
- Russel, T., Harlen, W., Watt, D.* (1989). Children's ideas about evaporation. International Journal of Science Education No. 11, Special Issue, S. 566 – 576
- Schmidkunz, H., Häusler, K., Ansari, S., Demuth, R.* (2003). Atombau und Chemische Bindung. Unterricht Chemie, Band 5, (2. Auflage). Köln: Aulis-Verlag.
- Sere, M.-G.* (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching European. Journal of Science Education Vol. 8, No 4, S. 413- 425



- Sjøberg, S. & Imsen, G.* (1988). Gender and science education. In Fensham, P. (Ed.), *Development and Dilemmas in science education*. London: Falmer Press.
- Sjøberg, S.* (1997). Scientific Literacy and School Science - Arguments and Second Thoughts. In *Sjøberg, S. & Kallerud, E. (Eds.), Science, Technology and Citizenship* Vol. 7,97, S. 9-28
- Stachowiak, H* (1973). *Allgemeine Modelltheorie*, 1. Auflage. Springer Verlag. Wien, New York, S. 131 – 133.
- Stavy, R. & Stachel, D.* (1985). Childrens ideas about solid and liquid. *European Journal of Science Educaton* Vol. 7, No 4, S. 407 -421
- Stavy, R.* (1988). Children´s conception of gas. *International Journal of scientific education*, Vol. 10, No. 5,( S. 553 - 560 )
- Stavy, R.* (1990a). Children´s conception of changes in the state of matter: from liquid (or solid) do gas. *Journal of Research in Science Teaching* 27(3), S. 247 – 266
- Stavy, R.* (1990b). Pupils´problems in understanding conservation of matter. *International Journal of Science Education*, 12, (5), S. 501 – 512
- Sumfleth, E.* (1992). Schülervorstellungen im Chemieunterricht, *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht* 45, Heft 7, S. 410 – 414
- Taber, K.* (2002). *Chemical misconceptions – prevention, diagnosis and cure. Volume I: theoretical background*. Royal Society of Chemistry.
- Tajmel, T.* (2010). DaZ-Förderung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht. *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache*, S. 167-184.
- Van de gear, E., Pustjens, H., Van Damme J. , De Munter, A.* (2004). Effect of single-sex versus co-educational classes and schools on gender differences in progress in language and in mathematics achievement. *British Journal of Sociology Education* 25, H 3, S. 307 – 322
- Voss, D.* (1998). *Der Gasbegriff in den Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen. Staatsexamenarbeit, Münster.*
- Wandersee, J. H.* (1985). Can the history of science help science educator anticipate student´s misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 23, No. 7, S. 581 – 597
- Weerden, J.* (1981). Zur Entwicklung des Gasbegriffs beim Kinde. *Naturwissenschaftlicher Unterricht Physik, Chemie*, Nr. 29, S. 90
- Westbrook, A. E. & Marek, E. D.* (1991). a cross-age study of study of student understanding of the concept of diffusion. *Journal of Research in Science Teaching* 28, S. 649 – 660

#### Internetquellen:

1. *Archivmeldung des Stadtschulrates für Wien* (2011), Ergebnisse des Lesetest für Wien wurden präsentiert, von, [http://www.wien.gv.at/rk,msg,2011,06,17015.html](http://www.wien.gv.at/rk/msg,2011,06,17015.html), [10. 04. 2012]
2. *Faulstich-Wieland, H.* (2004), Mädchen und Naturwissenschaften in der Schule. Expertise für das Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, from [http://www.erzwiss.uni-hamburg.de/personal,faulstich-wieland,expertise.pdf](http://www.erzwiss.uni-hamburg.de/personal/faulstich-wieland/expertise.pdf), [22. 04.2012]
3. Rönnebeck S., Schöps K., Prenzel M., Mildner D. und Hochweber J. (2010). PISA 2009 Bilanz nach einem Jahrzehnt, Kapitel 6 Naturwissenschaftliche Kompetenz von PISA 2006 bis PISA 2009. Waxmann Verlag GmbH, Postfach 8603, D-48046 Münster, von:  
[http://pisa.dipf.de/de/de/pisa2009/ergebnisberichte/PISA\\_2009\\_Bilanz\\_nach\\_einem\\_Jahrzehnt.pdf](http://pisa.dipf.de/de/de/pisa2009/ergebnisberichte/PISA_2009_Bilanz_nach_einem_Jahrzehnt.pdf) [09.08.2012]
4. *Lehrplan der PTS*, (2008) von: [http://pts.schule.at,data,PTSLehrplan-2008.pdf](http://pts.schule.at/data/PTSLehrplan-2008.pdf), [10. 04. 2012]
5. *Lehrplan an Gymnasien und Realgymnasien im Unterrichtsfach Chemie* (2003) von: <http://www.bmukk.gv.at/medienpool/780/ahs6.pdf> [16. 07. 2012]
6. *Lehrplan der Hauptschule im Pflichtgegenstand Chemie* (2003) von: <http://www.bmukk.gv.at/medienpool/875/hs11.pdf> [20. 07. 2012]
7. *OECD* (2006). Wo haben Schüler mit Migrationshintergrund die größten Erfolgschancen. Eine vergleichende Analyse von Leistung und Engagement in PISA 2003. von [http://www.oecd.org,dataoecd,2,57,36665235.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd,2,57,36665235.pdf) [05.04.2012]
8. *Schreiner, C. & Sjøberg, S.* (2004). Sowing the seeds of ROSE. Background, Rationale, Questionnaire Development and Data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education) - a comparative study of students' views of science and science education, Acta Didactica - (4/2004) (ISBN 82-90904-79-7), University of Oslo, Dept. of Teacher Education and School Development.  
Available at: <http://www.ils.uio.no/english/rose/publications/english-pub.html> [10. 05. 2012]

# LEBENS LAUF

## Persönliches

---

Name: Markus Idlhammer  
Adresse: Ausstellungsgasse 4/ 2/ 5  
2700 Wiener Neustadt  
Geburtsdatum: 03. Sep. 1969  
Geburtsort: Bludenz  
Staatsbürgerschaft: Österreich  
E-Mail: [Idlhammer.m@gmx.at](mailto:Idlhammer.m@gmx.at), a9707779@univie.ac.at

## Berufliche Erfahrung

---

- Seit 09/ 2011 **KPH- Strebersdorf, Mayerweckstr. 1, 1210 Wien**
- als Praxislehrer eingesetzt
- Seit 10/2000 **Lehrer an der Polytechnischen Schule in Wien, 1200**
- Fächer: Mathematik, Physik und Chemie sowie Informatik
  - Seit 2002 klassenführender Lehrer
- 12/1989 – 01/2000 **Österreichisches Bundesheer**
- Berufliche Bildung Ausbildung zum Pflichtschullehrer an der Pädak in Baden bei Wien 1997 - 2000
  - Ausbildungsunteroffizier in der Martinekkaserne in Baden bei Wien 1997 -2000
  - Zugskommandantstv. im Pionierbataillon 2, 1997
  - Ther.- Milak. BRG für Zeitsoldaten mit Matura im Feb. 1997
  - Ausbildungsunteroffizier an der Ther.- Milak vom 1993 – 1997
  - Ausbildungsunteroffizier am Pionierbataillon 3 1992 – 1993
  - Ausbilder am Pionierbataillon 3 1989 bis 1992
- 04/1989 – 11/1989 **Grundwehrdienst im Österreichischen Bundesheer**
- Grundausbildung im LWSR 81
  - Grundwehrdienst im PIB3 in Salzburg
- 08/1988 – 03/1989 **Baumeister Gilbert Holdermann Wohnbau GmbH, Herrengasse 14, 6700 Bludenz**
- Tätigkeit im Wohnbau als Vorarbeiter bzw. Vizepolier

- 08/1985 – 07/1989 **Baumeister Gilbert Holdermann Wohnbau GmbH, Herrengasse 14, 6700 Bludenz**
- Lehre als Maurer, Abschluss mit ausgezeichnetem Erfolg

### **Studium und Ausbildung**

---

- 10/2007 – 10/2012 **Physikalisches und Chemisches Institut an der Uni Wien, Währingerstraße 38, 1080 Wien**
- 10/2000 – 06/2006 **Physikalisches und Chemisches Institut an der Uni Wien, Währingerstraße 38, 1080 Wien**
- Studium für das Lehramt an höheren Schulen in den Fächern Physik und Chemie
  - Studium wurde nebenberuflich inskribiert und 2006 für ein Jahr unterbrochen
- 09/1997 – 09/2000 **Pädagogische Akademie des Bundes in NÖ in Baden bei Wien, Mühlgasse 67, 2500 Baden bei Wien**
- Ausbildung zum Hauptschullehrer in den Unterrichtsfächern Mathematik, Physik und Chemie
- 01/1993 – 02/1997 **Bundesrealgymnasium für Berufstätige ZeitsoldatInnen an der Theresianischen Militärakademie in Wiener Neustadt**
- Matura 1997
- 09/1984 – 06/1985 **Polytechnische Schule in 6700 Bludenz**
- 09/1980 – 06/1984 **Wichnerhauptschule in 6700 Bludenz, 1. Klassenzug**
- 09/1976 – 06/1980 **Volksschule St. Peter in 6700 Bludenz**

### **Weiterbildungen**

---

- 09/2009 – 09/2010 **KPH- Strebersdorf, Mayerweckstr. 1, 1210 Wien**
- Lehramt für Polytechnische Schulen in den Fächern Mathematik, Naturkunde, Ökologie und Gesundheitslehre
- 09/2010 – 06/2011 **KPH- Strebersdorf, Mayerweckstr. 1, 1210 Wien**
- Ausbildung zum Praxislehrer

### **Zusätzliches**

---

- Sprachen **Englisch:** in Wort und Schrift  
**Russisch:** Grundkenntnisse in Wort und Schrift
- EDV Gute Kenntnisse in MS Office

Wien, 31. Oktober 2012