

**Entwicklung und Evaluation eines  
Diagnoseinstrumentes zur Erfassung metakognitiver  
Fähigkeiten im Bereich Formelsprache**

**Dissertation**

**zur Erlangung des akademischen Grades**

**des Doktors der Philosophie**

**Dr. phil.**

**(Doctor philosophiae)**

Institut für Chemie

Vorgelegt von

Reinhard Veters, OStR,

geboren am 06.05.1971 in Bremen

Bielefeld im Mai 2015

---

1. Gutachterin: Frau Prof. Dr. Verena Pietzner

2. Gutachterin: Frau Prof. Dr. Kerstin Höner (TU Braunschweig, IFdN)

Tag der Disputation: 07.07.2015

## **Entwicklung und Evaluation eines Diagnoseinstrumentes zur Erfassung metakognitiver Fähigkeiten im Bereich Formelsprache**

-Kurzfassung-

In den letzten Jahren nehmen die Untersuchungen von Lernprozessen über chemische Formelsprache bei Schülerinnen und Schülern einen erheblich größeren Stellenwert ein und gelangen langsam auch in das Bewusstsein von Lehrkräften. Die Verknüpfung der Metafähigkeiten beim Erlernen der Formelsprache – oft versteckt im Übergang von der makroskopischen in die mikroskopische und anschließend in die symbolische Ebene - spielt eine große Rolle und fordert von den Lernenden (auch von den Lehrerinnen und Lehrern) eine hohe kognitive Leistung ab. Die zusätzliche Verwendung von Kontexten, wie in den Kernlehrplänen des Landes Nordrhein-Westfalen (2008 und 2011) gefordert, steigert die Komplexität des Erlernens der Formelsprache.

Ein wesentliches Problem des „Nicht-Verstehens“ von chemischem Formelwissen ist nicht nur in den hohen Anforderungen an die Vermittlung, egal welches didaktische Modell angewendet wird, sondern auch in der Überforderung der Kognitionsfähigkeit der Lernenden zu finden. Das geschieht, weil:

- Schülerinnen und Schüler überfordert sind, eigene Erkenntnisse aus den Lerninhalten zu ziehen, da sie oft mit Informationen überfrachtet werden und daher nicht mehr in der Lage sind, „wichtig“ von „unwichtig“ zu trennen sowie eigene Vernetzungen zu bilden.
- kaum Transfer zwischen Erkenntnissen aus dem Mathematik- und Deutschunterricht zu chemisch-stöchiometrischen Anwendungen stattfindet. Eine Folge ist, dass Berechnungen und Lösungsalgorithmen so weit wie möglich vermieden werden; eher werden Lösungen durch Probieren gefunden, sowie Inhalte aus Texten nicht richtig verstanden, so dass Informationen nicht verwendet werden (können).

Die Diagnosekompetenz der Lehrerinnen und Lehrer über die Fähigkeiten der Lernenden reicht zurzeit nicht aus, um das jeweilige Begriffs- Niveau der Schülerinnen und Schüler zu erkennen. In der Regel wird nicht überprüft, welche Fähigkeiten und Fertigkeiten die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht mitbringen.

Allerdings werden fachkompetente Diagnosen von Lernfähigkeiten der Schülerinnen und Schülern seit einigen Jahren als grundlegende Lehrerkompetenz durch die Kultusministerkonferenz (2004), des BMBF (2004) sowie die EU (2007) gefordert.

In der vorliegenden Arbeit wurde deshalb ein Diagnoseinstrument innerhalb einer Interventionsstudie entwickelt. Dafür sind geeignet konzipierte Forschungs-Fragestellungen in Diagnosebögen kategorisiert summarisch erstellt und nach umfassender Befragung statistisch gesichert evaluiert worden.

Folgende Forschungsfragestellungen sind für vorliegende Arbeit ausgewählt worden:

1. Sind den Chemielehrkräften die Ergebnisse der wissenschaftlichen Studien über die (erforschten) Schwierigkeiten beim Erlernen der Formelsprache bekannt? Werden diese Erkenntnisse (bewusst oder unbewusst) bei der Vermittlung berücksichtigt?
2. Wissen die Lehrerinnen und Lehrer etwas über Diagnostik und Diagnosekompetenz (hier allgemein) und wenn ja, wie und in welchem Rahmen setzen sie Diagnostik selbst ein?
3. Sind Lehrerinnen und Lehrer in der Lage, aufgrund diagnostischer Ergebnisse über die Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler, ihren Unterricht und ihre Unterrichtskonzepte zur Formelsprache anzupassen?

Zur Beantwortung der Fragen 1 und 2 wurde eine Fragebogenstudie durchgeführt. Die Daten für die Untersuchung der Frage 3 sind in einer qualitativen Studie an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen erhoben.

Gegenstand der hier vorgelegten Forschungsarbeit ist, anhand der -durch Fragestellungen selektiv-konzipierten- Interventionsstudie, herauszufinden, welcher Anteil an Metafähigkeiten, sowohl im Bereich der Abstraktion, als auch der mathematischen und sprachlichen Anwendung, bei Schülerinnen und Schülern jeweils vorhanden ist. Die so ermittelte Quantität und Qualität an Metafähigkeiten, zeigt die vorhandenen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler auf. Um im Unterricht chemische Formelsprache zielgerichtet zu vermitteln zu können, sollten den Lehrerinnen und Lehrern die derart ermittelten Erkenntnisse bewusst gemacht werden, damit ihr Unterricht, bezogen auf das Lernen von Formelsprache, optimal angepasst werden kann.

Werden solche Diagnoseinstrumente, wie im Rahmen dieser Interventionsstudie angewendet, angeboten, verändert sich bei den Lehrkräften die Unterrichtsvorbereitung. Sie planen ihre Unterrichtseinheiten auf Grund der gewonnenen Ergebnisse etwas anders. Das hatte zur Folge, dass die untersuchten Lerngruppen, wegen der erstmaligen, deshalb noch in geringerem Umfang durchgeführten, Interventionsstudie mittels Diagnoseinstrumentes, ein tendenziell besseres Lernergebnis aufweisen. Das soll an einer erheblich größeren Anzahl von Schulen wiederholt und somit durch eine folgende Erweiterung des Test-Umfanges statistisch noch besser stabilisiert werden.

Das hier vorgestellte Diagnoseinstrument weist zwei Merkmale auf: Erstens benötigt man wenig Zeit um es im Unterricht einzusetzen und die Ergebnisse sind zweitens mit Hilfe bekannter Software einfach auszuwerten. Die Metafähigkeiten, somit die Lernvoraussetzungen, können schnell für das Thema Formelsprache abgelesen und in die Unterrichtsvorbereitung integriert werden. Trotzdem zeigte sich, dass Lehrkräfte für Diagnostik geschult werden müssen, denn auch die beteiligten Lehrkräfte waren erst nach Verdeutlichung der Sinnhaftigkeit von Diagnostik und einer Schulung in der Lage die erhaltenen Ergebnisse für sich anzunehmen, bisher wurden die daraus resultierenden Erkenntnisse allerdings nicht konsequent umgesetzt.

Insgesamt erhält man, im Einklang mit recherchierter Literatur, durch die Interventionsstudie mehrere wesentliche Indizien als Resultate, die Diagnostik als Lehrerkompetenz unabdingbar machen. Das ist wie folgt zusammengefasst:

1. Das Wissen über Metafähigkeiten als Lernvoraussetzung der Schülerinnen und Schüler erleichtert die Unterrichtsplanung und späteren Unterricht, sodass keine ad hoc Konstrukte zur Verminderung von Lernschwierigkeiten entwickelt werden müssen.
2. Individuelle Förderung/Forderung von Schülerinnen und Schülern kann binnendifferenziert geschehen.
3. Lehrkräfte müssen im Umgang mit Diagnoseinstrumenten geschult werden, um einen optimalen Einsatz zu gewährleisten.

Schlussfolgernd für beide Studien lässt sich sagen, dass die Forderung nach Verbesserung der Lehrerkompetenz „Diagnostik“ in den Schulen noch besser umgesetzt werden und fachdidaktisch eng begleitet werden muss. Dieses zunächst für den Chemieunterricht neu entwickelte Diagnoseinstrument und der daraus sich ergebende Lehr- und Lernprozess sollte durch weitere Begleituntersuchungen in größerem Umfang verstärkt und weiter optimiert werden. Zusätzlich müssen weitere derartig funktionierende Diagnoseinstrumente entwickelt werden, um den Lehrkräften eine wirksame Unterstützung für ihre Unterrichtsplanung und –Gestaltung an die Hand zu geben womit eine Reduzierung an Zeit- und Arbeitsaufwand erreicht wird.

Nach Ende der praktischen Untersuchung und Vorstellung der Zwischenergebnisse waren die beteiligten Lehrkräfte, wie durch Interviews festgestellt, doch eher überzeugt von der Sinnhaftigkeit der erprobten Methoden. Sie wenden daher diese Hilfen weiterhin an, da ihnen gezeigt worden ist, welche Schülerinnen und Schüler zu fördern bzw. zu fordern gewesen sind, unabhängig von der individuellen Zensur im Fach Chemie. Ferner haben die beteiligten Lehrkräfte zusätzlich erkannt, welche Schwachstellen in ihren Unterrichtskonzeptionen vorhanden sind und wie diese -erweitert durch das Wissen über auftretende Verständnisprobleme von Schülern, bezogen auf untersuchte Metaebenen, noch besser angepasst werden können.

## **Development and Evaluation of a diagnosis-instrument to the capture of metacognitive abilities in chemical formula language**

-Abstract-

A major problem of the "not learning" of chemical formula language are not only the high demands towards conveyance of the matter, regardless of the didactic model applied, but also the mental overload of the learners:

- Pupils are encouraged to draw their own insights from the taught content, yet they are often overloaded with information and therefore no longer able to separate "important" from "unimportant" information and to form their own cognitive links.
- Pupils have little transfer of knowledge between mathematical and stoichiometric content. As a consequence, calculations and algorithms are largely avoided. Instead, trial and error methods are chosen in order to achieve a result.

The diagnostic capacity of teachers, in many cases, is insufficient to detect the respective skill-levels of pupils. Usually, teachers neglect to evaluate and acknowledge the pupils' foreknowledge. While teachers are generally familiar with the basics of developmental psychology, these basics are often disregarded during chemistry lessons, resulting in severe problems with understanding learning formula language.

Even though a broad variety of teaching sequences is being developed, the core problem of cognitive development and psychomotoric learning are seldom addressed.

Currently there is a lot of research on diagnostic capability and competence, which is also reflected in the report of the Didactics of Chemistry in 2008, or in the handouts of the German Chemical Society (GdCh), although only few articles on the topic of diagnostics and prediagnostics are published.

Most of the literature only describes general diagnostics, which may provide guidance for research questions, such as the study (doctoral thesis) by BARTH, giving insight into relationships between learning preconditions, diagnosis and diagnostic skills.

However, most authors describe clinical situations that can rarely be applied in a classroom environment and therefore have to be adapted to the school routine.

Nevertheless, the findings made are important because these theoretic-clinical findings are to be transferred into everyday teaching practice in a next step.

"Diagnosing" needs to be learned and trained just as teaching competence; one pioneer project in this area is "dortMint" at TU Dortmund.

Previous research barely contextualized pupils' learning of the formula language and diagnostic competence of teachers, resulting in a lack of findings in this area. While the problem of learning the formula language has been explicitly recognized and described by various international research groups in the field of diagnostics of preconditions, only insignificant findings have been made.

It is obvious that formula language is universally declared the most difficult content to convey to pupils but is indispensable in order to achieve a deeper understanding of chemistry. There is an urgent need to improve the teaching situation.

This leads to the following research questions:

1. Are chemistry teachers familiar with the aforementioned scientific findings of leaning formula language? If so, are these findings being employed to improve lesson concept structure?
2. Are the teachers familiar with diagnosis and if so, do they possess and use diagnostic competences?
3. Are teachers able to interpret results of diagnoses and can they implement their diagnostic findings to improve lesson concept structure in order to convey formula language better?

To answer questions 1 and 2, questionnaire studies were conducted. The data concerning question 3 was collected in a qualitative study in secondary schools in North Rhine-Westphalia.

The results of the two studies are of central importance for research and implementation in education. Teachers, as shown in the discussion on diagnosis, are often unaware of the latest didactic developments.

As a result, more recent findings are implemented, if at all, after a considerable delay.

Curricula that are issued by the ministries of education are not necessarily implemented directly, but are generally handled very individually – the internal curricula of schools were largely unaffected at the time of my study.

The featured lesson sequences underline that the different didactic models are used individually and in some cases even mixed by teachers – leading to didactic methods that should be scientific findings but are not uniformly.

Looking at the personal competences on diagnostics, a very heterogeneous image in how far teachers observe competences of individual learners and integrate these insights into their teaching project is given. Many teachers have a very inaccurate picture of competences of learners and gather their findings almost exclusively by ad-hoc-diagnoses, as opposed to an assessment of the pupils' skills prior to a lesson sequence.

In recent years, the importance of investigating the learning processes of formula language by pupils has increased drastically.

Many authors unanimously report the same problems of the learners, in particular confusion of coefficients and indices, as well as problems in the application of solution strategies in mathematical procedures.

Lately, linguistic problems in the use of technical language are being discussed, which are also a central point in learning a topic as abstract as formula language.

Abstraction - often hidden in the transition from the macroscopic to the microscopic and then to the symbolic level - plays a major role.

The additional use of specific contexts then makes learning formula language very complex. At this point, it is advantageous to recall neural learning processes in order to understand which mental processes pupils are experiencing.

Taking into account the results of my survey on the everyday teaching situation, one can find that teachers indeed notice most of the problems in the three competences (mathematics, reading comprehension, abstraction), it is, however, not apparent whether they raise these findings based on educational theories or whether they are random findings from ad-hoc-diagnoses (observations), or from information acquired independently of teaching, such as conversations between colleagues.

Diagnostic tools, while known to some teachers, are currently used as self-diagnostic instruments exclusively; teacher-based diagnostic methods are rarely used, mostly in the context of research on teaching.

Looking at the results of carried out teaching sequences on formula language, one can clearly see that the four different didactic approaches (inductive, deductive, model oriented, structure oriented) are implemented very individually by teachers.

The core curricula are usually adapted only loosely in teaching sequence planning - regardless of teaching experience and level of education of the teacher.

If diagnostic tools are offered, teachers tend to accept them and they are shown to have a positive effect on teaching, as proven by the second study. In this study, results of statistical analyses of the diagnostic tests as well as the measurement of increase in competence indicate a positive effect. Therefore, it becomes clear that diagnostics improve the teaching situation.

The teachers were convinced of the method and continue to apply these materials, as they are easy to use and have clearly shown which pupils to support and which to push further - regardless of the individual grade.

In addition, they have recognized weaknesses in their teaching conceptions that should be avoided. Furthermore, it is shown how lessons ought to be designed in order to tend to individual needs and achieve optimal support for every pupil. This differentiated lesson planning can only be enabled through the observation of strengths and weaknesses of learners.

(Since the publication of first results during the VCI-teacher conferences in Dusseldorf (2012 and 2013) and the GDCP meeting in Munich (2013), interest of teachers to use these materials and participate in a larger follow-up study has increased significantly.)

## **Vorträge und Poster**

Teilergebnisse dieser Arbeit sind bei folgenden Veranstaltungen schon vorgestellt und publiziert

**2013, VCI NRW Lehrerkongress,  
Düsseldorf**

Titel: „Diagnosekompetenz von Chemielehrkräften,  
Vorstellung des Diagnoseinstruments“

**2012, VCI NRW Lehrerkongress,  
Düsseldorf**

Titel: „Diagnosekompetenz von Chemielehrkräften,  
Vorstellung der Ergebnisse der Lehrerbefragung zum  
Thema Diagnostik“

**2012, Universität Hildesheim,  
Physikalisches Seminar**  
worden.

Titel: „Diagnosekompetenz von Chemielehrkräften“

### **Vorträge**

### **Poster**

**2013, GDGP Jahrestagung München**

Titel: „Diagnosekompetenz von Chemielehrkräften -  
Ergebnisse der Studie 2012“  
Publiziert in: Bernholt, S. (Hrsg.)  
Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science-  
und Fachunterricht. GDGP, Kiel, S.501-503

## Abkürzungsverzeichnis

BMBF	<b>B</b> undes <b>m</b> inisterium für <b>B</b> ildung und <b>F</b> orschung
C R	Basiskonzept „Chemische Reaktion“
D	Studie <b>D</b> iagnoseverfahren
did.	didaktisch
EU	<b>E</b> uropäische <b>U</b> nion
F	<b>F</b> ragebogenstudie
HS, RS, GE	<b>H</b> auptschule, <b>R</b> ealschule, <b>G</b> esamtschule
GeGy	<b>G</b> esamtschule, <b>G</b> ymnasium
GY	<b>G</b> ymnasium
jew.	jeweilige(r)
kgV	<b>K</b> leinstes <b>g</b> emeinsames <b>V</b> iefaches
KuK	<b>K</b> olleginnen <b>u</b> nd <b>K</b> ollegen
LuL	<b>L</b> ehrerinnen <b>u</b> nd <b>L</b> ehrer
LV	<b>L</b> ehr <b>v</b> ersuch
L-Vortrag	<b>L</b> ehrvortrag
LSE	Lernstandserhebung
LK	<b>L</b> ern <b>k</b> ontrolle
MINT	<b>M</b> athematik, <b>I</b> nformatik, <b>N</b> aturwissenschaften, <b>T</b> echnik
MSW	<b>M</b> inisterium für <b>S</b> chule und <b>W</b> eiterbildung
OHP	<b>O</b> ver <b>h</b> ead <b>p</b> rojektor (Tageslichtprojektor)
SCH 1	Schule 1 der Untersuchung
SCH 2	Schule 2 der Untersuchung
SEK I	Sekundarstufe I
SuS	<b>S</b> chülerinnen <b>u</b> nd <b>S</b> chüler
SV	<b>S</b> chüler <b>v</b> ersuch
Sig.	Signifikanz
St M	Basiskonzept „Struktur der Materie“
tw.	Teilweise
Wdh.	Wiederholung

# Inhalt

## Kurzfassungen (deutsch / englisch)

<b>Vorträge und Poster .....</b>	<b>10</b>
Vorträge .....	10
Poster .....	10
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>11</b>
<b>1 Einleitung und Problemstellung .....</b>	<b>15</b>
<b>2 Theoretischer Rahmen: Erlernen der Formelsprache .....</b>	<b>17</b>
2.1 Didaktische Ansätze zur Vermittlung von Formelsprache .....	18
2.1.1 Induktiver Ansatz (der „klassische“ Ansatz) .....	18
2.1.2 Deduktiver Ansatz .....	18
2.1.3 Modellorientierter Ansatz .....	18
2.1.4 Strukturorientierter Ansatz .....	19
2.2 Verankerung der Formelsprache in den Kernlehrplänen NRW .....	20
2.2.1 Inhalte des Basiskonzepts „Chemische Reaktion“ .....	20
2.2.2 Inhalte des Basiskonzepts „Struktur der Materie“ .....	20
2.2.3 Inhalte der Kernlehrpläne .....	21
2.3 Neurowissenschaftliche Zusammenhänge beim Erlernen der Formelsprache .....	26
2.4 Zusammenfassung .....	30
<b>3 Forschungsstand zur Diagnostik im Chemieunterricht .....</b>	<b>32</b>
3.1 Die Begriffe Diagnose und Diagnostik im schulischen Kontext .....	32
3.1.1 Untersuchungen über das mathematisch – abstrakte Verständnis .....	33
3.1.2 Untersuchungen über das chemiebezogene Sprachverständnis .....	37
3.1.3 Diagnostik und Diagnosekompetenz in der Lehrerbildung .....	39
3.1.4 Vom Begriff der Diagnostik zur Diagnosekompetenz .....	40
3.2 Selbstdiagnose von Schülerinnen und Schülern – Überprüfen von Wissen durch Lernstandsdiagnostik .....	44
3.3 Schlussfolgerungen für die Entwicklung des Diagnostetests .....	45
3.4 Untersuchungshypothesen für die beiden Studien .....	46
3.4.1 Untersuchungshypothesen für die Fragebogenstudie .....	47
3.4.2 Hypothesen für die Untersuchung des entwickelten Diagnoseverfahrens .....	48
<b>4 Konzeption, Methodik und Auswertung der Fragebogenstudie .....</b>	<b>50</b>
4.1 Zielsetzung der Fragebogenstudie .....	50
4.1.1 Entwicklung und Aufbau des Fragebogens .....	50
4.1.2 Pilotierung des Fragebogens .....	51
4.1.3 Durchführung und Auswertemethoden .....	52
4.2 Auswertung der Befragung der Lehrkräfte .....	53
4.2.1 Beschreibung der Stichprobe .....	53
4.2.2 Bekanntheit und Verwendung von Diagnoseinstrumenten .....	56

4.2.3	Bekanntheit der Probleme beim Erlernen der Formelsprache .....	65
4.2.4	Wissen der Lehrkräfte über die Abstraktionsfähigkeit sowie mathematischer und sprachlicher Fähigkeiten (Kompetenzen) von Schülerinnen und Schülern .....	73
4.2.5	Die tatsächliche Vermittlung von Formelsprache .....	79
4.2.6	Medieneinsatz im Rahmen der Unterrichtsreihe Formelsprache .....	83
4.3	Wahrnehmung des eigenen Unterrichts .....	85
4.4	Diskussion der Ergebnisse der ersten Studie .....	93
<b>5</b>	<b>Entwicklung und Erprobung eines Diagnoseinstruments zur Verbesserung der Diagnosekompetenz von Lehrkräften .....</b>	<b>97</b>
5.1	Zielsetzung und Untersuchungsdesign der Studie .....	97
5.2	Entwicklung des Diagnoseinstruments .....	98
5.2.1	Diagnose der mathematischen Fähigkeiten – Beschreibung der Aufgabentypen.....	98
5.2.2	Diagnose der sprachlichen Fähigkeiten – Beschreibung der Aufgabentypen .....	100
5.2.3	Diagnose der Abstraktionsfähigkeit – Beschreibung der Aufgabentypen .....	101
5.3	Pilotierung und Erhebung der Testgüte (Objektivität, Reliabilität und Validität) .....	102
5.3.1	Pilotierung des Diagnostetests.....	102
5.3.2	Objektivität des Diagnostetests .....	103
5.3.3	Reliabilität und Trennschärfe des Diagnostetests .....	103
5.3.4	Validität des Diagnostetests.....	105
5.3.5	Testfairness und Testökonomie.....	106
5.4	Entwicklung des Leistungstests .....	107
5.4.1	Die Bedeutung von Index und Koeffizient (Aufgabe 1) .....	107
5.4.2	Zuordnung eines systematischen Namens zu einer Formel (Aufgabe 2) .....	108
5.4.3	Herleitung von Kupfersulfid und Wasser (Aufgabe 3).....	109
5.4.4	Beschreibung des Thermitverfahrens und Aufstellen eines Reaktionsschemas sowie einer Reaktionsgleichung (Aufgabe 4) .....	109
5.4.5	Reliabilitätstest des Leistungstests .....	110
5.5	Planung der Untersuchung .....	110
5.5.1	Die erste Schule .....	111
5.5.2	Die zweite Schule.....	112
5.5.3	Zeitlicher Ablauf der Untersuchung an den beiden Schulen.....	113
5.5.4	Beschreibung der Stichprobe in beiden Schulen .....	114
5.6	Kurzbeschreibung der Durchführung an der ersten Schule .....	115
5.7	Auswertung des Diagnostetests an Schule 1.....	116
5.7.1	Deskriptive Auswertung des Diagnostetests an Schule 1 .....	116
5.8	Ablauf und Auswertung der Unterrichtsreihe (SCH 1) .....	119
5.9	Vergleichende Auswertung des erreichten Wissenstands nach der Unterrichtsreihe.....	121
5.9.1	Auswertung des Praetests vor Beginn der Unterrichtsreihe .....	121
5.9.2	Auswertung des Posttests nach Durchführung der Unterrichtsreihe .....	123

5.9.3	Auswertung des Follow-Up-Tests .....	127
5.10	Interviews mit den beteiligten Lehrkräften der Schule 1 .....	131
5.11	Kurzbeschreibung der Durchführung der Erhebung an der zweiten Schule (SCH 2) .....	132
5.12	Auswertung des Diagnosetests an Schule 2.....	132
5.13	Vergleichende Auswertung des erreichten Wissensstandes nach der Unterrichtsreihe ....	135
5.13.1	Auswertung des Praetests vor Beginn der Unterrichtsreihe.....	138
5.13.2	Auswertung des Posttests über nach Durchführung der Unterrichtsreihe .....	140
5.13.3	Auswertung des Follow-Up Tests nach ca. vier Wochen .....	144
5.14	Interview mit der beteiligten Lehrkraft .....	147
5.15	Vergleich der Ergebnisse auf Grund der unterschiedlichen Länge der Unterrichtsreihe .....	148
5.16	Diskussion der Ergebnisse der zweiten Studie.....	152
<b>6</b>	<b>Gesamtdiskussion und Ausblick.....</b>	<b>156</b>
6.1	Gesamtdiskussion.....	156
6.2	Ausblick .....	160
<b>7</b>	<b>Verwendete Statistische Verfahren .....</b>	<b>162</b>
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>164</b>
<b>9</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>166</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>169</b>

**Dank**

**Werdegang**

**Anhang**

**Erklärung**

# 1 Einleitung und Problemstellung

*„Nichts ist schrecklicher als ein Lehrer, der nicht mehr weiß als das, was die Schüler wissen sollen.“*

*Johann Wolfgang von Goethe*

Nicht nur exzellentes Fachwissen, sondern auch fachdidaktisches Wissen über die Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern kennzeichnet eine gute Lehrkraft. Besonders komplexe Themen, wie beispielsweise die chemische Formelsprache, erfordern beides, denn die Einführung der Formelsprache ist ein fester Bestandteil des Chemielernens wie aus Studien von Schmidt (1990) oder Musli (2008) deutlich wird. Lehrerinnen und Lehrer wissen im Allgemeinen über die Komplexität des Erlernens von Formelsprache Bescheid, trotzdem kommt es bei Schülerinnen und Schülern oft zu Lernschwierigkeiten – sie wissen trotz jahrelangem Chemieunterricht oft nicht, was Formeln genau bedeuten und welche Zusammenhänge zwischen Alltag und Formelsprache existieren – auch wenn alltägliche „Formeln“ wie  $\text{H}_2\text{O}$  oder  $\text{CO}_2$  verwendet werden!

Im Rahmen dieser Arbeit steht die Diagnose der Metafähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Vordergrund, die vor allem in den Bereichen der Abstraktion und mathematischen sowie sprachlichen Fähigkeiten liegen. Diese sind für das Erlernen von Formelsprache unabdingbar. Lehrerinnen und Lehrer sollten jene Fähigkeiten mit Hilfe von Diagnostik ermitteln, um auf Grund ihrer (erhobenen) Erkenntnisse den jeweiligen Unterricht anzupassen. Diagnostik ist eine zentrale Aufgabe von Lehrkräften, die in den Richtlinien der Kultusministerkonferenz (2004) und weiterer Institutionen, wie BMBF (2004) und EU (2007), festgeschrieben worden und nach und nach in den schulischen Alltag zu integrieren ist. Da Lehrerinnen und Lehrer zurzeit hier noch nicht oder nur sehr wenig qualifiziert sind, ist es unabdingbar, ihnen einerseits Kenntnisse darüber zu vermitteln und andererseits auch geeignete Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, um Diagnosen zu stellen. Mit Hilfe dieser Diagnosen sollten die Lehrkräfte dann in der Lage sein, individuelle Förderung im Rahmen ihres Unterrichtes zu planen und auch durchzuführen.

Ausgehend von den in der Literatur vorgestellten didaktischen Ansätzen zur Vermittlung der Formelsprache wird analysiert, welche Schwierigkeiten Schülerinnen und Schüler beim Erlernen der Formelsprache haben und welche Lernprozesse dabei ablaufen. In einem weiteren Schritt wird ermittelt, ob die Diagnosefähigkeit von (Chemie-)Lehrkräften schon in der fachdidaktischen Forschung untersucht worden ist und wie der aktuelle Stand der Wissenschaft ist (s. Kapitel 2). Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen in zwei Studien weiterverfolgt werden.

Es soll mit einer Fragebogenstudie (s. Kapitel 4) erhoben werden, ob den Lehrerinnen und Lehrern die aktuelle Diskussion über Diagnostik bekannt ist, ob sie Erkenntnisse über die o.g. Metafähigkeiten der Schülerinnen und Schüler haben und mit welchem Instrument sie diese erfassen (Kapitel 4).

Zusätzlich soll vor dem Hintergrund der neuen Kernlehrpläne des Landes Nordrhein-Westfalen ermittelt werden, wie das Thema „Formelsprache“ von den Lehrkräften unterrichtet wird, da zuletzt bei Musli (2008) festgestellt worden ist, dass dieses ein wesentliches Thema für sie im Chemieunterricht ist. Diese Erhebung soll kategoriebasiert nach Mayring (2008) statistisch ausgewertet werden (s. Kapitel 4).

Die durch die Fragebogenstudie erlangten Resultate werden dazu verwendet, ein einfaches Diagnoseinstrument zu entwickeln (s. Kapitel 5). Dieses Diagnoseinstrument soll die o.g. Metafähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erfassen und den Lehrkräften ermöglichen, ihren Unterricht auf die so ermittelten individuellen Lernvoraussetzungen anzupassen. Im Rahmen einer Interventionsstudie wurde das entwickelte Instrument im alltäglichen Unterricht der achten Jahrgangsstufe an zwei Schulen erprobt und ausgewertet. Um verifizierbare Resultate über die Aussagekraft des Diagnoseinstruments zu erhalten, werden sie mit der Lernstandserhebung des Landes Nordrhein-Westfalen in Bezug auf Reliabilität und Validität verglichen (s. Kapitel 5). Zur Vermeidung klinischer Untersuchungssituationen wurde die Untersuchung ohne Unterrichtsbesuche durchgeführt, da so nur das Material als Intervention vorhanden ist und der Forscher den Unterricht als Beobachter nicht „stört“. Weiterhin soll der individuelle Unterricht der Lehrkräfte beibehalten werden, um eine möglichst alltagsnahe Beobachtungssituation zu erhalten.

Dazu wurden parallel in einem Interview die Erfahrungen der beteiligten Lehrkräfte erhoben, um einen möglichen Eindruck in die individuellen Unterrichtssituationen zu bekommen (s. Kapitel 5).

Abschließend werden die Ergebnisse diskutiert, in den Zusammenhang der Forschung eingeordnet und ein möglicher Forschungsausblick geliefert (s. Kapitel 6).

## 2 Theoretischer Rahmen: Erlernen der Formelsprache

Die Abstraktionsfähigkeit spielt beim Erlernen der Formelsprache eine zentrale Rolle, denn viele der mit Symbolen beschriebenen Vorgänge sind teilweise über die Veränderungen von Aussehen und Eigenschaften von Stoffen makroskopisch beobachtbar. Die tatsächlichen Veränderungen nach chemischen Reaktionen in atomaren Zusammensetzungen finden in der submikroskopischen Chemie statt. Diese Veränderungen werden über verschiedene Darstellungsformen visualisiert. Eine Möglichkeit dies zu beschreiben, ist die Formelsprache, mit der versucht wird, alle möglichen Zusammenhänge in knappster Form darzustellen. Chemikerinnen und Chemikern bereitet es kein größeres Problem diese Darstellung zu verstehen, für Schülerinnen und Schüler hingegen wirft diese Verknüpfung oft fast unlösbare Probleme auf, denn die einzelnen Aspekte müssen im Gehirn erst sinnvoll verknüpft werden, um verwendet werden zu können.

Die verschiedenen Abstraktionsebenen beim Erlernen der Formelsprache können mit Hilfe des Beziehungsdreiecks von Johnstone (1993) das alle Beziehungsebenen miteinander verknüpft, verdeutlicht werden (s. Abbildung 1).

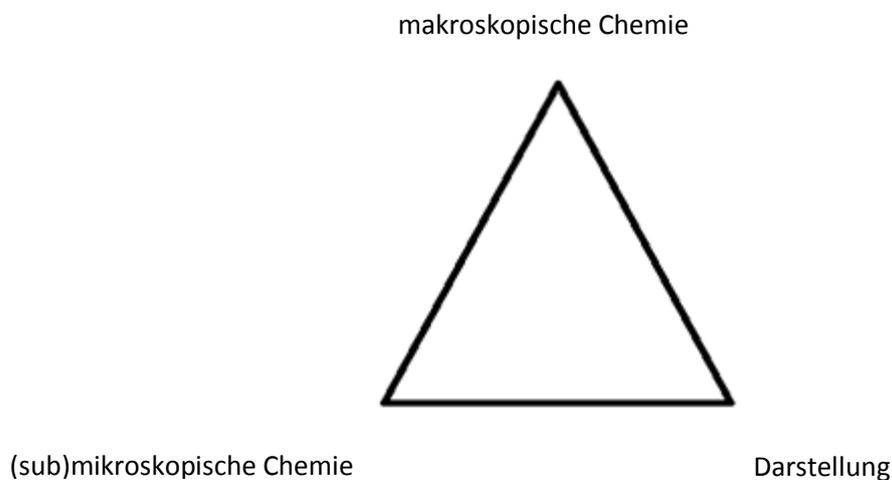


Abbildung 1: Das Dreieck von Johnstone (1993)

Barke (2002), Wirbs (2002), Mahaffy (2006), Reiners und Struve (2011) sowie Yitbarek (2011) bestätigen und verfeinern diese Verknüpfungen. Sie zeigen weitere Dimensionen auf, die beim Erlernen der Formelsprache von zentraler Bedeutung sind und auch in welchen Abhängigkeitsverhältnissen sie stehen. Yitbarek (2011) zeigt in seinem Ansatz Beziehungen zwischen makroskopischer, submikroskopischer und symbolischer Dimension, wobei jeder Dimension eine Handlung zugeordnet und diese mit einem Kontext verknüpft wird. Gleichzeitig ordnet Wirbs (2002) das Dreieck in die Ebene der Entwicklung von Vorstellungen und Konzepten ein. Interessant ist, wie sich die unterschiedlichen didaktischen Ansätze beim Erlernen der Formelsprache mit diesem Wissen verknüpfen und welche Auswirkungen sich im schulischen Alltag zeigen.

## 2.1 Didaktische Ansätze zur Vermittlung von Formelsprache

Im Folgenden werden die vier relevanten Ansätze vorgestellt, mit denen Formelsprache vermittelt werden kann. Der Lernbereich *Formelsprache* legt die Basis für die spätere Anwendung chemischer Symbolik und deren Bedeutungen. Formelsprache wird heute nicht mehr als eigener Lernabschnitt vermittelt, sondern meistens in anderen Themen inkludiert. Dazu wird die Verankerung der Formelsprache in den Inhaltsfeldern der Kernlehrpläne des Landes Nordrhein-Westfalen für das Gymnasium und die Gesamtschule (analog zu Haupt-, Realschule) vorgestellt. Abschließend werden kurz die Erkenntnisse aus der Lernpsychologie über Probleme beim Erlernen der Formelsprache dargelegt.

### 2.1.1 Induktiver Ansatz (der „klassische“ Ansatz)

Die Verhältnisformeln chemischer Verbindungen werden aus den bekannten Massenverhältnissen abgeleitet (z.B. Atommasse  $u = 1/12$  Atommasse von  $^{12}\text{C}$ ). Es wird die historische Genese der Entwicklungen vom Daltonschen Atommodell über die Massengesetze nach Boyle, Lomonosow, Lavoisier und/oder Avogadro nachgezeichnet. In Folge werden relativ viele stöchiometrische Berechnungen durchgeführt. Das analytische und logische Denkvermögen der Lernenden wird hierbei besonders gefordert. Zur Vereinfachung dieses Ansatzes können im Rahmen des Unterrichts Vorgaben in den Bereichen der Atommassen und des Molekülbegriffs gemacht werden. Hier müssen die Lernenden Angaben ablesen und mit Hilfe eines vorgegebenen Lösungsalgorithmus stöchiometrische Formelberechnungen durchführen [Riecke-Baulecke (2001), Meloefski (2001), Christen, (1994)].

### 2.1.2 Deduktiver Ansatz

Ausgehend von den Definitionen für Reinstoffe und Gemische wird die chemische Reaktion als Umsetzung von zwei Stoffen eingeführt. Bei dieser Umsetzung entsteht ein neuer Stoff mit anderen Eigenschaften als die Eigenschaften der Ausgangsstoffe. Um die Formeln der chemischen Produkte zu bestimmen, wird ein Lösungsalgorithmus vorgegeben. Es können so sehr schnell Reaktionsschemata aufgestellt und berechnet werden. Stöchiometrische Berechnungen spielen dabei kaum eine Rolle und werden hier meistens nicht durchgeführt. Das analytische und logische Denkvermögen der Lernenden wird auf einem deutlich geringeren Niveau gefordert (Barke et al., 2001).

### 2.1.3 Modellorientierter Ansatz

Dieser Ansatz ist modellhaft-analytisch: Ausgehend von einfachen Erklärungen über Reinstoffe und Gemische wird hier ebenfalls die chemische Reaktion als Ursache für eine Veränderung von Stoffen eingeführt. Um diese Umsetzung von Stoffen zu deuten, werden die Atommodelle über die Vorstellungen von Dalton (wie manchmal auch Thomson) und nachfolgend gemäß des Bohrschen Atommodells dargestellt. Hierbei stößt man an die Grenzen der jeweiligen Modellvorstellungen, und

erst mit Hilfe des Bohrschen Atommodells lassen sich schlüssige Erklärungen für chemische Reaktionsvorgänge ableiten. Stöchiometrische Berechnungen werden erst im Rahmen der Ionen- und Atombindung durchgeführt [Thomas, (2001, 1989)].

### 2.1.4 Strukturorientierter Ansatz

Beginnend mit dem Daltonschen Atommodell werden Atome, Moleküle und Ionen als Kugelmodelle eingeführt. Erste Formeln werden aus Strukturmodellen chemischer Verbindungen von Metallen, Legierungen und Verbindungen gewonnen, wozu Kugelpackungen, Elementarzellen und Molekülmodelle dieser Verbindungen betrachtet werden. Zusätzlich werden die Strukturmodelle flüchtiger Stoffe erarbeitet. Die Reaktionssymbole werden aus den ermittelten Strukturen der beteiligten Stoffe vor und nach einer chemischen Reaktion abgeleitet.

Dieser Ansatz ist struktur- und handlungsorientiert, da die Lernenden ihre Strukturmodelle selbst erstellen (können), und benötigt keine stöchiometrischen Berechnungen (Barke & Wirbs, 2001).

Alle Ansätze sind in nachfolgender Tabelle 1 gegenübergestellt.

Tabelle 1: Übersicht über die Ansätze zur Vermittlung der Formelsprache

Induktiver Ansatz „klassischer Ansatz“ Ohne Vorgabe Atommasse	Induktiver Ansatz „klassischer Ansatz“ Mit Vorgabe Atommasse	Deduktiver Ansatz	Modellorientierter Ansatz	Strukturorientierter Ansatz
Reinstoff /Gemisch	Reinstoff/Gemisch	Reinstoff/Gemisch	Reinstoff/Gemisch	Dalton-Atommodell
Chemische Reaktion	Chemische Reaktion	Chemische Reaktion	Chemische Reaktion	Atome, Ionen, Moleküle
Massengesetze	Massengesetze	VORGABE: 1. Wertigkeiten 2. Molekülbegriff	Atommodell	Strukturen Metalle/Legierungen
Gasgesetze	VORGABE: 1. Atommasse 2. Molekülbegriff	Regeln zum Aufstellen eines Reaktionsschemas	Ionenbindung	Formeln von Legierungen
Molekülbegriff			Gleichungen erstellen unter Vernachlässigung des Molekülbegriffs	Ionengitterstrukturen/ Bindigkeiten
Relative Atommasse			Atombindung und Molekülbegriff	Formeln flüchtiger Stoffe
Mol			Regeln zum Aufstellen eines Reaktionsschemas	Strukturen vor und nach der Reaktion
Formelberechnungen	Formelberechnungen			Ableiten von Reaktionssymbolen
Wertigkeit	Wertigkeit			
Regeln zum Aufstellen eines Reaktionsschemas	Regeln zum Aufstellen eines Reaktionsschemas			

(Riecke-Baulecke, 2001)

## 2.2 Verankerung der Formelsprache in den Kernlehrplänen NRW

Da das Erlernen der Formelsprache im Chemieunterricht von zentraler Bedeutung ist, soll hier dargelegt werden, an welcher Stelle diese Inhalte in den Kernlehrplänen des Landes Nordrhein Westfalen eingebunden sind, und es werden die Basiskonzepte *Chemische Reaktion* und *Struktur der Materie*, die für das Erlernen von Formelsprache und stöchiometrischen Zusammenhängen zu Grunde gelegt worden sind, kurz erläutert. Basiskonzepte geben die Rahmenbedingungen für die jeweiligen Inhaltsfelder vor; hier werden die expliziten Festlegungen für die zu erlernenden Kompetenzen dargestellt. Da die Kernlehrpläne nur die Rahmenbedingungen vorgeben und jede Schule ein individuelles Schulcurriculum entwickeln soll, ist davon auszugehen, dass die Formelsprache an den einzelnen Schulen unterschiedlich intensiv behandelt werden wird. Gleichzeitig wird analysiert, welcher didaktische Ansatz im Kernlehrplan verfolgt wird. Interessant ist, dass die Basiskonzepte sehr genau im gymnasialen Kernlehrplan (2008) im Gegensatz zu den anderen Kernlehrplänen (HS, RS, GE) (2011) vorgestellt werden.

### 2.2.1 Inhalte des Basiskonzepts „Chemische Reaktion“

Im Rahmen des Basiskonzepts der *Chemischen Reaktion* werden Vorgänge, bei denen neue Stoffe gebildet werden, auf makroskopischer und submikroskopischer Ebene beleuchtet. Ausgehend von ermittelten quantitativen Zusammenhängen werden entsprechende Reaktionsschemata eingeführt. Zusätzlich wird zu den Versuchen ein Kontext, bezogen auf eine mögliche Anbindung der Ergebnisse an die Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler, vorgestellt. Experimentell sollen die Lernenden das Gesetz der Erhaltung der Masse erarbeiten und anwenden lernen. Ausgehend von einfachen Reaktionsschemata werden nach und nach entsprechende Reaktionsgleichungen eingeführt, die anfänglich über Redoxprozesse (Sauerstofftransfer) und in allmählicher Folge als Elektronentransfer-Reaktionen vermittelt werden. Das Periodensystem als chemisches Ordnungssystem wird entsprechend des Atomaufbaus abgeleitet. Hier sind jene Prozesse, die in der Elektronenhülle des Atoms stattfinden, für mögliche Reaktionsvorgänge von entscheidender Bedeutung und verständnismäßig schlüssig darstellbar. Zusätzlich soll die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen thematisiert werden, um Inhalte, die in der gymnasialen Oberstufe behandelt werden sollen (z.B. Chemisches Gleichgewicht), vorzubereiten (MSW, 2008).

### 2.2.2 Inhalte des Basiskonzepts „Struktur der Materie“

Mit Hilfe des Basiskonzepts *Struktur der Materie* sollen Schülerinnen und Schüler schon sehr früh einfache Modelle, die den Aufbau der Materie erklären helfen, kennen lernen. Hier werden die sich verändernden Massenverhältnisse bei einer chemischen Reaktion betrachtet. Die atomaren Massen der chemischen Elemente lassen sich mit Hilfe der Unterschiede von Neutronen- und

Protonen-Anzahl im Atomkern erklären und in das Periodensystem einordnen. Diese Ordnungsprinzipien sollen erlernt werden, genauso wie die aus der unterschiedlichen Anzahl der Kernbausteine resultierenden Massenverhältnisse. Daraus folgend können chemische Bindungen beschrieben und eingeordnet werden (MSW, Kernlehrplan für das Gymnasium, 2008).

Interessanterweise werden in den Richtlinien der anderen Schulformen (2011), anders als am Gymnasium (2008), bei diesen Basiskonzepten fachsystematische Schlüsselbegriffe und Gesetze zusätzlich erwähnt, wie z.B. in dem Unterrichtsvorhaben „Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen“, beim Basiskonzept Chemische Reaktion: Gesetz von der Erhaltung der Masse (MSW, Kernlehrplan für Gesamtschulen, 2011), (MSW, Kernlehrplan für Realschulen, 2011) und (MSW, Kernlehrplan für Hauptschulen, 2011).

Die vorgestellten Basiskonzepte gelten für alle Kernlehrpläne der Sekundarstufe I, werden aber nur im Kernlehrplan für Gymnasien thematisiert. Zusätzlich werden für die jeweilige Schulform zu diesen Konzepten Inhaltsfelder benannt. Diese Inhaltsfelder spiegeln die konkreten Inhalte wider, die vermittelt werden sollen. Für das erste Unterrichtsvorhaben sind nachstehende Inhaltsfelder aufgeführt.

### **2.2.3 Inhalte der Kernlehrpläne**

#### **2.2.3.1 Gymnasium (Jahrgangsstufe 8)**

Stoffe und Stoffveränderungen sollen im ersten Inhaltsfeld anhand des Kontextes „Speisen und Getränke“ vermittelt werden. Dazu werden Gemische und Reinstoffe, deren Eigenschaften und mögliche chemische Reaktionen betrachtet, was durch die Untersuchung von Lebensmitteln sowie deren Veränderungen durch Kochen und Backen veranschaulicht werden soll. Im zweiten Inhaltsfeld werden Stoff- und Energieumsätze bei chemischen Reaktionen betrachtet. Die fachsystematischen Inhalte sollen mit Hilfe des Kontextes „Brand und Brandbekämpfung“ im Bereich der Oxidationsvorgänge, der Unterschiede zwischen Elementen und Verbindungen, sowie in einfachen Analysen und Synthesen vermittelt werden. Eine wesentliche Rolle spielen dabei auch energetische Betrachtungen. Als zentraler Punkt anzusehen sind die Beschreibung von einfachen Reaktionen und, ausgehend von dem Gesetz der Erhaltung der Masse, die Erstellung einfacher Wortgleichungen. Im Folgenden wird das Gesetz der konstanten Massenverhältnisse aus Redoxreaktionen abgeleitet, die an Hand der Kontexte: „das Beil des Ötzi“, „Stahlherstellung“ oder „Metallrecycling“ erlernt werden sollen. In diesem Unterrichtsvorhaben liegt das Basiskonzept *Chemische Reaktion* zu Grunde. Aus diesen Inhalten lässt sich eindeutig der induktive (klassische) Ansatz (vgl. S. 10 ff.) für die Vermittlung der Formelsprache herauslesen (s. Tabelle 2).

Analysiert man das zweite Unterrichtsvorhaben (s. Tabelle 3), so findet man im ersten Inhaltsfeld die Begriffe: Elementfamilien, Atombau und Periodensystem. Hier werden zunächst Elemente an Hand

der ersten, zweiten und siebten Hauptgruppe des Periodensystems vorgestellt. Darauffolgend stehen Nachweisreaktionen im Vordergrund. Das Kern-Hülle-Modell, die Elementarteilchen sowie die Atomsymbole und das Besetzungsschema der Atomshalen führen dann zum Periodensystem als Ordnungssystem. Als Kontexte werden stofflicher Aufbau und Reaktionen an „Bodenformationen und Gesteinen (Mineralien)“ angeboten. Im zweiten Inhaltsfeld wird mittels der Leitfähigkeit von Salzlösungen, die Ionenbildung und Ionenbindung, sowie die chemische Formelschreibweise und Aufstellung von Reaktionsgleichungen eingeführt. Die Kontexte „Salzbergwerke“ oder „Salze und Gesundheit“ sind dafür vorgesehen. In diesem Unterrichtsvorhaben steht das Basiskonzept *Struktur der Materie* im Vordergrund. Im letzten Inhaltsfeld sollen mit Hilfe des Kontextes „Reinigungsmittel“ saure und alkalische Lösungen erklärt werden (s. Tabelle 3).

Daraus kann man ableiten, dass in diesem Fall eine Mischung zwischen induktivem und modellorientiertem Ansatz vorliegt, da hier die Atommasse eingeführt und gleichzeitig der Aufbau der Atome im Zusammenhang mit dem Periodensystem thematisiert wird. Später wird komplett zum modellorientierten Ansatz gewechselt, indem, anhand der Begriffe Leitfähigkeit und Ionenbindungen, sowohl die Formelschreibweise als auch das Einrichten von Reaktionsgleichungen eingeübt werden sollen. Im letzten Inhaltsfeld „Saure und alkalische Lösungen“ wird zum klassischen Ansatz zurückgekehrt, in dem stöchiometrische Berechnungen durchgeführt werden sollen (vgl. S. 10 ff.).

**Tabelle 2: Übersicht über relevante Inhaltsfelder und Basiskonzepte im Vergleich zu den didaktischen Ansätzen**

(fett unterlegt = direkter Zusammenhang mit Formelsprache).

<b>Inhaltsfelder</b>	<b>Fachlicher Kontext</b> <i>Basiskonzept: Chemische Reaktion</i>	<b>Vergleich mit dem fachdidaktischen Ansatz</b>
<b>Stoffe und Stoffveränderungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gemische und Reinstoffe</li> <li>Stoffeigenschaften</li> <li>Stofftrennverfahren</li> <li>Einfache Teilchenvorstellung</li> <li><b><i>Kennzeichen chemischer Reaktionen</i></b></li> </ul>	<b>Speisen und Getränke – alles Chemie?</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Was ist drin? Wir untersuchen Lebensmittel, Getränke und ihre Bestandteile</li> <li>Wir gewinnen Stoffe aus Lebensmitteln</li> <li>Wir verändern Lebensmittel durch Kochen oder Backen</li> </ul>	Auszug aus dem klassischen Unterrichtsweg; hier wird auch zuerst die chemische Reaktion beleuchtet
<b>Stoff- und Energieumsätze bei chemischen Reaktionen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Oxidationen</li> <li>Elemente und Verbindungen</li> <li>Analyse und Synthese</li> <li>Exotherme und endotherme Reaktionen</li> <li>Aktivierungsenergie</li> <li><b><i>Gesetz der Erhaltung der Masse</i></b></li> <li><b><i>Reaktionsschemata (in Worten)</i></b></li> </ul>	<b>Brände und Brandbekämpfung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Feuer und Flamme</li> <li>Brände und Brennbarkeit</li> <li>Die Kunst des Feuerlöschens</li> <li>Verbrannt ist nicht vernichtet</li> </ul>	Klassischer Ansatz, chemische Reaktion, folgend Massengesetze, Reaktionsschemata
<b>Metalle und Metallgewinnung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gebrauchsmetalle</li> <li>Reduktionen / Redoxreaktionen</li> <li><b><i>Gesetz von den konstanten Massenverhältnissen</i></b></li> <li>Recycling</li> </ul>	<b>Aus Rohstoffen werden Gebrauchsgegenstände</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Das Beil des Ötzi</li> <li>Vom Eisen zum High-Tech-Produkt Stahl</li> <li>Schrott – Abfall oder Rohstoff</li> </ul>	s.o.

**Tabelle 3: Übersicht über relevante Inhaltsfelder und Basiskonzepte im Vergleich zu den didaktischen Ansätzen, notwendige Auszüge**

(fett unterlegt = direkter Zusammenhang mit Formelsprache).

<b>Inhaltsfelder</b>	<b>Fachlicher Kontext</b> <i>Basiskonzept Struktur der Materie</i>	<b>Vergleich mit dem fachdidaktischen Ansatz</b>
<b>Elementfamilien, Atombau und Periodensystem</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkalimetalle oder Erdalkalimetalle</li> <li>• Halogene</li> <li>• Nachweisreaktionen</li> <li>• <b>Kern-Hülle-Modell</b></li> <li>• <b>Elementarteilchen</b></li> <li>• <b>Atomsymbole</b></li> <li>• <b>Schalenmodell und Besetzungsschemata</b></li> <li>• <b>Periodensystem</b></li> <li>• <b>Atomare Masse, Isotope</b></li> </ul>	<b>Böden und Gesteine – Vielfalt und Ordnung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus tiefen Quellen oder natürliche Baustoffe</li> <li>• Streusalz und Dünger – wie viel verträgt der Boden</li> </ul>	Mischung aus induktivem und modellorientiertem Ansatz. Es wird der Begriff der Atommasse eingeführt und gleichzeitig der Aufbau des Atoms im Zusammenhang mit dem Periodensystem erklärt.
<b>Ionenbindung und Ionenkristalle</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitfähigkeit von Salzlösungen</li> <li>• Ionenbildung und Bindung</li> <li>• Salzkristalle</li> <li>• <b>Chemische Formelschreibweise und Reaktionsgleichungen</b></li> </ul>	<b>Die Welt der Mineralien</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salzbergwerke</li> <li>• Salze und Gesundheit</li> </ul>	Wechsel vom induktiven zum modellorientierten Ansatz, indem zusätzlich die Ionenbindung über die Leitfähigkeit eingeführt wird; gleichzeitig erfolgt die Einführung der Formelschreibweise ohne stöchiometrische Berechnungen.
<b>Saure und alkalische Lösungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionen in sauren und alkalischen Lösungen</li> <li>• Neutralisation</li> <li>• Protonenaufnahme und -abgabe an einfachen Beispielen</li> <li>• <b>stöchiometrische Berechnungen</b></li> </ul>	<b>Reinigungsmittel, Säuren und Laugen im Alltag</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungen von Säuren im Alltag und Beruf</li> <li>• Haut und Haar, alles im neutralen Bereich</li> </ul>	Rückkehr zum klassischen Ansatz, indem stöchiometrische Berechnungen bei Säure-Base Reaktionen durchgeführt werden sollen

(MSW, Kernlehrplan für das Gymnasium, 2008, S. 33, 34) (verkürzt)

### 2.2.3.2 Gesamtschule (GE), Realschule (RS) und Hauptschule (HS) (Jahrgangsstufe 8)

Im ersten Inhaltsfeld sollen über die Vorgänge bei der Verbrennung und Oxidation Stoffumwandlungen thematisiert werden. Als Kontext wird hier ebenfalls „Feuer- und Brandbekämpfung“ angeboten. Interessanterweise gibt es bei der Nennung der Basiskonzepte noch den fachsystematischen Hinweis, dass hier das Gesetz der Erhaltung der Masse als Erklärungshilfe zu beachten ist, was eindeutig auf den induktiven Ansatz hinweist (s. Tabelle 4).

**Tabelle 4: Übersicht über Inhaltsfelder und Basiskonzepte im Vergleich zu den didaktischen Ansätzen**

(fett unterlegt = direkter Zusammenhang mit Formelsprache).

Inhaltsfelder	Fachlicher Kontext	Vergleich mit dem fachdidaktischen Ansatz
<p><b>Stoff- und Energieumsätze bei chemischen Reaktionen (GE, RS)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrennung</li> <li>• Oxidation</li> <li>• <b>Stoffumwandlung</b></li> </ul> <p><i>Verbrennung, Energieumsätze bei Stoffveränderungen (HS)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschichte des Feuers</li> <li>• Brände und Brandbekämpfung</li> <li>• Brennstoffe und ihre Nutzung</li> </ul> <hr/> <p><b>Chemische Reaktion:</b> Gesetz von der Erhaltung der Masse, Umgruppierung von Teilchen; <b>Struktur der Materie:</b> Element, Verbindung, einfaches Teilchenmodell</p>	<p>Mischung des induktiven und modellorientierten Ansatzes; es wird, ausgehend von der Verbrennung eine Massenveränderung betrachtet, die dann mit Hilfe des Gesetzes der Erhaltung der Masse erklärt werden soll.</p>

Im zweiten Inhaltsfeld stehen die historisch begriffliche Einführung von Metall, wie auch Verfahren zur Metallgewinnung und -verarbeitung im Vordergrund. Für chemische Reaktionen sollen hier die Begriffe Oxidation, Reduktion und Redoxreaktion eingeführt werden. Ebenfalls soll der Unterschied zwischen edlen und unedlen Metallen sowie die Bildung von Legierungen geklärt werden. Darauf aufbauend werden der Aufbau der Atome und deren Einordnung in das Periodensystem dargestellt, hier soll kontextuell die Entwicklung dieses Ordnungssystems historisch nachgezeichnet werden. Im letzten Inhaltsfeld werden Säuren und Laugen eingeführt. Diese sollen an Hand von Alltagsbeispielen erarbeitet werden. Fachsystematisch sollen hier die Elektronenpaarbindung, die Wasserstoffbrückenbindung, die Gegenüberstellung von Säure und Base (Brönstedsche Theorie), Ionenbindung und -gitter verankert werden (s. Tabelle 5).

Analysiert man die Kernlehrpläne, so kann man eine Mischung von induktivem, modellorientiertem und strukturorientiertem Ansatz erkennen, indem z.B. Massengesetze und Stoffveränderungen in wie auch die Legierungsbildung einem fachsystematischen Abschnitt betrachtet werden. Insgesamt ist kein didaktischer Ansatz konsequent umgesetzt worden; eher ist zu bemerken, dass versucht worden ist, alles durch Kontexte möglichst sinnvoll zu erklären, was gegebenenfalls zu Problemen führen kann.

Betrachtet man in den Kernlehrplänen einzelne Begriffe und Zusammenhänge genauer, so sind manche nicht hinreichend präzise eingeordnet und manchmal sehr „schwammig“ formuliert.

Die Kernlehrpläne dieser Schulformen sind bis auf die Reihenfolge deckungsgleich, deswegen wird der Inhalt hier nur in einer Tabelle(5) dargestellt, die Unterschiede werden jeweils mit dem Kürzel HS, RS, GE gekennzeichnet

**Tabelle 5: Übersicht über Inhaltsfelder und Basiskonzepte im Vergleich zu den didaktischen Ansätzen**

(fett unterlegt = direkter Zusammenhang mit Formelsprache)

Inhaltsfelder	Fachlicher Kontext	Vergleich mit dem fachdidaktischen Ansatz
<p><b>Metalle und Metallgewinnung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metallgewinnung und Recycling</li> <li>• Gebrauchsmetalle</li> <li>• Korrosion und Korrosionsschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Von der Steinzeit bis zum High-Tech-Metall</li> <li>• Vom Erz zum Auto</li> <li>• Schrott - Abfall oder Rohstoff</li> </ul> <hr/> <p><b>Chemische Reaktion:</b> Oxidation, Reduktion; Redoxreaktion <b>Struktur der Materie:</b> Edle und Uedle Metalle, Legierungen</p>	<p>Mischung aus modellorientiertem und strukturchemischem Ansatz, denn hier werden Metalle und deren mögliche „Legierungsbildung“ betrachtet, die eine besondere Form der Bindung ist</p>
<p><b>Elemente und ihre Ordnung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementfamilien</li> <li>• Periodensystem</li> <li>• Atombau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Aufbau der Stoffe</li> <li>• Die Geschichte der Atomvorstellungen</li> <li>• Entwicklung eines Ordnungssystems für Elemente (RS, HS)</li> <li>• Salze und Mineralien (nur GE)</li> </ul> <hr/> <p><b>Chemische Reaktion:</b> Elementfamilien (GE, RS) <b>Struktur der Materie:</b> Atombau, Kern-Hülle-Modell, Schalenmodell, atomare Masseneinheit, Isotope, Ionen, Ionenbindung, Ionengitter, Entstehung der Elemente (GE) Protonen, Neutronen, Elektronen, Elemente, Atombau, atomare Masse, Isotope, Kern-Hülle-Modell, Schalenmodell (RS, HS)</p>	<p>Modellorientierung, es wird zu den Atommodellen zurückgekehrt, um die vorher gemachten Beobachtungen zu deuten</p>
<p><b>Säuren und Basen (GE)</b></p> <p><b>Säuren, Laugen und Salze (RS, HS)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Säuren und Laugen (RS: Basen) in Alltag und Beruf</li> <li>• Säuren in Lebensmitteln</li> <li>• Salze und Gesundheit (RS, HS)</li> <li>• Mineralien und Kristalle (RS, HS)</li> </ul> <hr/> <p><b>Chemische Reaktion:</b> Neutralisation, Hydratation, pH-Wert, Indikatoren <b>Struktur der Materie:</b> Elektronenpaarbindung, Wassermolekül als Dipol, Wasserstoffbrückenbindung, Protonendonator und -akzeptor (GE), Ionenbindung und Ionengitter (R, HS)</p>	

(MSW, Kernlehrplan für Gesamtschulen, 2011, S. 135, 136, MSW, Kernlehrplan für Realschulen, 2011, S. 46, 47, MSW, Kernlehrplan für Hauptschulen, 2011, S. 83, 84), Auszüge

In den Kernlehrplänen dieser Schulformen werden weniger fachliche Inhalte festgeschrieben, wodurch auch eine mehr oder weniger unterschiedliche Entfernung von vorgegebenen fachdidaktischen Grundüberlegungen entstehen kann. Weiterhin werden die zu erlangenden Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler als prozessbezogene Kompetenzen formuliert.

Im Rahmen der Kernlehrplanerstellung sind entsprechende Kontexte aus der Lebenswelt der Lernenden in den Fokus gerückt worden. Dadurch soll bei der Vermittlung von Formelsprache bewusst ein anschaulicher Weg beschritten werden, was allerdings nicht stimmig mit den Basiskonzepten ist, da bei diesen sehr eindeutig eine fachwissenschaftlich-fachdidaktische Akzentuierung vorliegt. Hier sieht man, dass Formelsprache nicht mehr rein fachsystematisch betrachtet wird, sondern eher an die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler anknüpfen soll. Die verschiedenen Ebenen in den Bereichen Abstraktion sowie mathematische und sprachliche Fähigkeiten werden hier nicht mehr so deutlich in den Fokus gerückt, was durchaus zu Problemen bei der Vermittlung von Formelsprache führen kann. Vorgegebene Kontexte schülergerecht zu erklären, kann, unter Berücksichtigung der zu erreichenden Lernziele und Kompetenzen, sehr kompliziert werden. Dadurch kann es passieren, dass das eigentliche Ziel, Formelsprache zu verstehen und anzuwenden, gar nicht oder nur sehr schwer im Wissen der Schülerinnen und Schüler verankert wird.

### **2.3 Neurowissenschaftliche Zusammenhänge beim Erlernen der Formelsprache**

Neuropsychologische Prozesse sind beim Erlernen der Formelsprache von zentraler Bedeutung, um zu verstehen, wie der Lernprozess innerhalb des Gehirns beim Erlernen der Formelsprache in den Bereichen der Abstraktion sowie der mathematischen und sprachlichen Fähigkeiten funktioniert. Diese Forschungsergebnisse beruhen auf neurowissenschaftlichen Untersuchungen von Johnstone, der sich mit der Vernetzung von Wissen im Unterrichtsgeschehen des Faches Chemie auseinandergesetzt hat. Die Verankerung und Vernetzung im Langzeitgedächtnis ist in nachstehender Abbildung dargestellt (s. Abbildung 2, Johnstone, (1983, 1993 und 2010)).

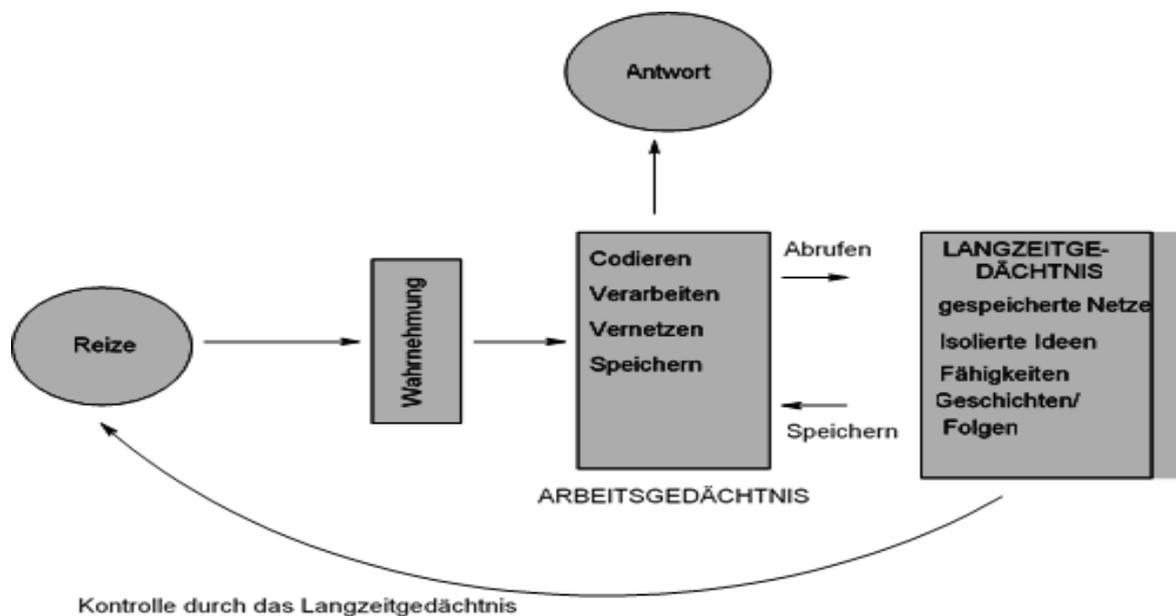


Abbildung 2: Die Verarbeitung von Informationen nach Johnstone (1993, übersetzt)

Johnstone (1993) erklärt mit diesem Modell alle jene Prozesse, die im Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis beim Erlernen der Formelsprache ablaufen. Unterschiedliche Reize (im Rahmen der Formelsprache: verschiedene Formelsymbole) werden wahrgenommen und anschließend im Arbeitsgedächtnis codiert, vernetzt und im Langzeitgedächtnis gespeichert. Vom Langzeitgedächtnis können in Netzen verankerte Inhalte, isolierte Ideen, wie auch Fähigkeiten in logischer Folge bzw. als Geschichte abgerufen werden, um im Arbeitsgedächtnis eine entsprechende Reaktion zu generieren, die zu dem jeweiligen Reiz passt.

Johnstone weist in seinen Untersuchungen darauf hin, dass Vorstellungen von Atomen und Molekülen, d.h. Bereiche (Vorstellungen) der submikroskopischen Chemie und deren Unterschiede, zunächst codiert, vernetzt und gespeichert werden. Daher kann hier von Lernenden auf kein Konzept zurückgegriffen werden, um Aufgaben zu lösen, die eine Vorstellung oder eine Lösungsstrategie erfordern. Werden nun solche Aufgaben gestellt, so muss beim Erarbeiten der Informationen sehr viel vom Arbeitsgedächtnis geleistet werden. Dieses wird jedoch durch die Fülle an Informationen leicht überlastet. So entstehen möglicherweise leicht Fehlvorstellungen und auch Fehlvernetzungen im neuronalen Wissensnetz. Die dann neugebildeten Konzepte werden isoliert im Gehirn (Langzeitgedächtnis) angelegt und es wird den Lernenden oft wenig Zeit gegeben diese Konzepte in einem aktiven Lernprozess zu verankern und zu einem Netz zu verknüpfen. Die Unterrichtenden müssen im Rahmen ihres Unterrichts darauf achten, dass Lernende relativ viel Zeit brauchen, um ein solches Netz aufbauen zu können. Die neuen Informationen sind immer wieder (iterativ) zu überprüfen und zu verfeinern, um anwendbar zu werden. Um möglichst passgenaue Inhalte für die Lernenden zu

gewährleisten, muss die Bereitstellung von Informationen durch verschiedene Erhebungen der Lernvoraussetzungen optimiert werden.

Johnstone und Sleet (1994) zeigen, wie solche Vernetzungen im Arbeits- und Langzeitgedächtnis im Rahmen von speziellen Unterrichtsinhalten gebildet werden können. In Vorbereitungskursen für Laborpraktika, sowie mit Hilfe eines, aus einem einfachen „Rezeptbuch“ entwickelten Laborskriptes sind spezielle Fragen zu den Versuchen und Arbeitstechniken erörtert worden, die Lernenden Probleme machen könnten. In den Nachbereitungskursen sind vertiefende Inhalte zu diesen Problemen angeboten worden. Das Skript lieferte eine vertiefte Anleitung für die durchzuführenden Experimente. Durch die so angepassten Inhalte und Lernvoraussetzungen sind die Erfolge beim Lernen von chemischen Zusammenhängen deutlich verbessert worden.

Dieser Untersuchungsansatz wurde durch Johnstone (1997) weiter verfeinert und vertieft, indem er die Auslastung des Arbeitsgedächtnisses bei Lernprozessen mit einem einfachen Test überprüft hat. Dieser einfache Test erfordert beispielsweise das Datum zu lesen und dann die daran beteiligten Ziffern aufsteigend zu sortieren. Ab einer gewissen Anzahl von Ziffern ist das Arbeitsgedächtnis nicht in der Lage die Sortierung vorzunehmen.

Johnstone fand mit diesen Tests heraus, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses leicht ausgereizt werden kann, weil es immer einen Zuwachs an Informationen gibt, die verändert werden müssen. Da im Chemieunterricht sehr viele komplexe Zusammenhänge geliefert werden, besonders im Rahmen des Erlernens der Formelsprache, ist hier schnell die Aufnahmegrenze des Arbeitsgedächtnisses erreicht. Beim Lernen werden erst Buchstaben gespeichert, die dann zu Wörtern und später zu Sätzen verknüpft werden. Hierbei entsteht eine zunehmende Komplexität beim Vernetzen von Informationen. Dieser beispielhafte Untersuchungsansatz funktioniert analog zum Erlernen der Formelsprache, denn auch hier werden meistens aus experimentellen Erkenntnissen Zusammenhänge abgeleitet und diese werden dann, mit Symbolen verknüpft, in einem Wissensnetz abgelegt. Selbst wenn Informationen gebündelt werden, ist nach einer gewissen Menge an Informationen die maximale Kapazität des Gehirns erreicht.

Er zeigt auch auf, dass Lernen linear und vernetzt passiert. Lineares Lernen vernetzt wenig und ist oft die Folge von Unterrichtsmethoden, in denen nach einer Reihenfolge vorgegangen wird. Hier wird keine Problemlösestrategie erlernt, sondern Wissen einfach nicht vernetzt abgelegt. Dieses Wissen kann nur sehr schwer wieder abgerufen werden. Sobald angefangen wird, Cluster innerhalb des Wissensnetzes zu bilden, können neue Fragmente schnell eingebaut und auch leicht wieder abgerufen werden. Systematische Zusammenhänge sind damit auch leicht zu erkennen und wiederzugeben.

Ein weiterer zentraler Punkt ist die Präsentation von Inhalten, die von Lehrkräften an Lernende weitergegeben werden. Hier selektiert der Lernende oft nur jene Informationen, die unmittelbar wahrgenommen werden und speichert diese isoliert ab.

Es ist von Johnstone festgestellt worden, dass sich bei den Aufzeichnungen von „Vorträgen“ nicht immer wesentliche Inhalte wiederfinden, da jeder Lernende für sich selbst entscheidet, welcher Inhaltsteil wichtig und welcher Inhaltsteil unwichtig ist. Die Menge aller Informationen spielt hier auch eine zentrale Rolle, denn die Geschwindigkeit der Präsentation ist (oft) nicht mit der Geschwindigkeit der Aufnahme und schon gar nicht mit der Geschwindigkeit der Verarbeitung im Gehirn zu vergleichen. Er vertieft diesen Ansatz sogar, indem er stringent fordert, Inhalte vom „Alltäglichen“ in das „Abstrakte“ zu überführen. Für die geeignete Vernetzung ist es wesentlich, erst bekannte Dinge zu erkennen und dann langsam unbekannte Dinge hinzuzufügen, um sie behutsam in das Netz des Wissens einzufügen (Johnstone, 1997).

Unterstützend zu Johnstones Ideen der neuronalen Verknüpfungen kann man die Aussagen von D.L. Gabel und Samuel (1987) heranziehen, die Vorstellungen über die Struktur der Materie untersucht haben und aufzeigen konnten, dass Lernende, sogar Lehrkräfte für Grundschulen, starke Probleme bei der Beschreibung des mikroskopischen und submikroskopischen Aufbaus der Materie haben. Es können zwar Reaktionsschemata aufgestellt und sogar richtig ausgeglichen werden, aber die Übertragung auf das tatsächliche Vorkommen in der Natur wird durch die Lernenden nicht geleistet. Es findet keine Übertragung zwischen Symbolen, mathematischen Beziehungen und tatsächlich vorliegenden Strukturen statt.

Gabel (1999) entwickelt ein weiteres Modell über Lernen und Lernfähigkeit, das sich auf den konstruktivistischen Ansatz des Lernens [vgl. Piaget (1971), Aebli (1987), Gräber, W. und Stork, H. (1984)] bezieht. Aus dem Beschreiben des eigenen Verständnisses können Lernende Wissen restrukturieren und neu anordnen. Dazu benötigen sie Impulse eines entsprechenden Unterrichtsangebots (und ggf. andere Angebote), die einen Vergleich zwischen dem Wissen vor und nach der Unterrichtssituation zur Folge haben. So erfolgt eine Veränderung der Wissensebene und die Lernenden bauen daraus eine neue Vernetzungsstruktur des Wissens auf (s. Abbildung 3).

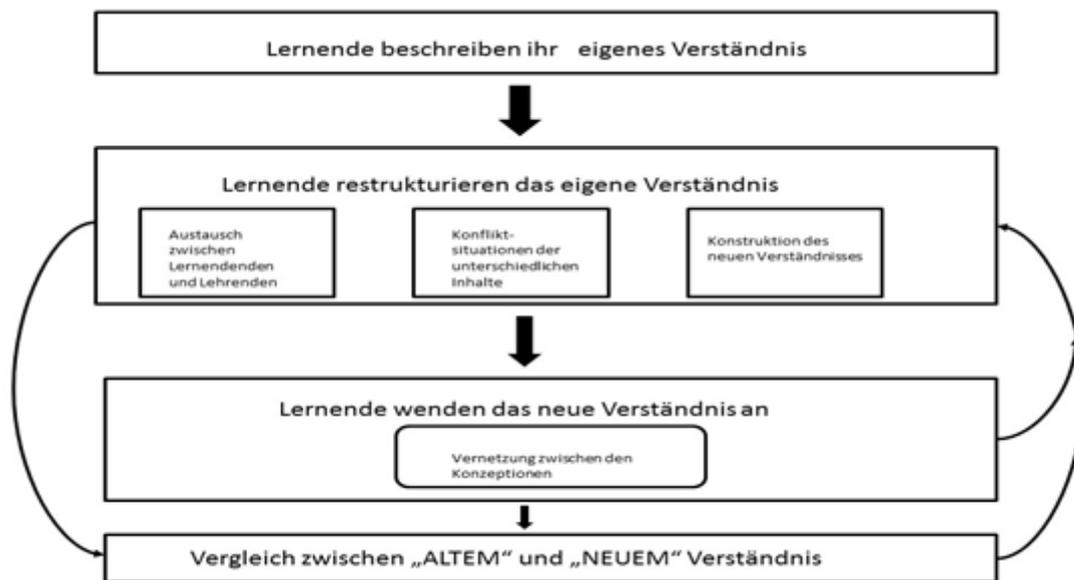


Abbildung 3: Die Verarbeitung von Informationen nach Gabel/Krajcik (1999, übersetzt)

Nakhleh (1992) sowie Davidowitz, Chittleborough und Murray (2010) bestätigen, dass man mit zu hoher Informationsdichte in Unterrichtszusammenhängen neuronale Fehlverknüpfungen herstellt, die bei der Erfassung des Wissenstandes (nachher) feststellbar sind. Sie haben an Hand von Untersuchungen mit Hilfe von Prae- und Post-Tests festgestellt, dass beim Erlernen der Formelsprache Fehlvorstellungen im Bereich der Verknüpfung von Symbolen mit Bildern auftreten, in dem Bilder von chemischen Reaktionen in Moleküldarstellungen nicht in entsprechende Formelsymbole umgesetzt werden können. Bei der Anwendung von Algorithmen zur Berechnung von stöchiometrischen Problemen treten ebenfalls Schwierigkeiten auf.

## 2.4 Zusammenfassung

Um Formelsprache zu vermitteln, werden in der Literatur vier didaktische Ansätze parallel beschrieben: der induktive (klassische) Ansatz, der deduktive Ansatz, der modellorientierte Ansatz und der strukturorientierte Ansatz. Bei dem induktiven Ansatz wird die Formelsprache aus experimentellen Erkenntnissen und Massengesetzen eingeführt. Beim deduktiven Ansatz wird aus chemischen Reaktionen und (der) Wertigkeit die Formelsprache entwickelt und beim modellorientierten Ansatz wird die Formelsprache anhand entsprechender Modellvorstellungen entwickelt. Der strukturchemische Ansatz bedient sich der Gitterstrukturen der Metalle und Legierungen, um dann über deren Strukturänderungen die Formelsprache einzuführen.

Diese Ansätze finden sich in den Kernlehrplänen jener Schulformen wieder, die Formelsprache nicht mehr als eigenes Unterrichtsvorhaben definieren, sondern dies über mehrere kontextbasierte

Inhaltsfelder verteilt vermitteln (siehe HS, RS, GE ). Diese werden fußend auf den Basiskonzepten der chemischen Reaktion und Struktur der Materie eingeführt, in denen die erforderlichen Prozesse inkludiert sind.

Darauffolgend werden die neuropsychologischen Probleme beim Erlernen der Formelsprache beleuchtet, die bei der Entwicklung von Diagnoseverfahren und Unterrichtsvorhaben auftreten können und deshalb verdeutlicht werden sollten.

Für die Entwicklung meiner Studien bedeutet das, dass man sich über die schulischen Rahmenbedingungen klar werden muss, denn der Kernlehrplan ist der verbindliche Rahmen, den die Schule zu erfüllen hat, um die angestrebten Fähigkeiten auszubilden.

Diese neuropsychologischen Erkenntnisse sind vor allem dann zu beachten, wenn komplexe Inhalte vermittelt werden, denn man kann damit spezielle Wissensarrangements einerseits richtig aufbereiten und andererseits Forschungsdesigns entsprechend vorhandener Fähigkeiten entwickeln.

### 3 Forschungsstand zur Diagnostik im Chemieunterricht

Diagnostik von Lernprozessen ist zurzeit an vielen Universitäten ein Forschungsgebiet von großem Interesse [vgl. Arelt und Gräsel (2009), Blaes et al (2012) sowie Taskin und Bernholt (2012)]. Mittels Diagnosen können Lernprozesse bei Lernenden abgebildet werden, sodass man zu veränderten Unterrichtsansätzen gelangen kann. In der Folge ist es dann möglich, auch im tatsächlichen Unterrichtsalltag eine für den Lernerfolg positive Veränderung herbeizuführen. Untersuchungen im naturwissenschaftlichen Bereich sind hier ausgesprochen selten, denn auch im Rahmen von Fortbildungen wird bestätigt, dass bezüglich der Diagnosekompetenzen von Naturwissenschaftslehrern noch eine sehr schmale Datenlage herrscht (Helmke, 2012). Deshalb soll dazu hier eine Übersicht über vorhandene Studien innerhalb der fachdidaktischen Forschung über Fehlertypen innerhalb des Themenbereiches Formelsprache sowie der Diagnostik und Diagnosekompetenz von Lehrerinnen und Lehrer gegeben werden.

Um ein geeignetes Diagnoseinstrument zur Unterstützung der Diagnosekompetenz für Lehrkräfte im Bereich mathematischer, sprachlicher und Abstraktionsfähigkeit(en) zu entwickeln, wird zunächst ein Überblick über die Erkenntnisse beim Erlernen der Formelsprache, basierend auf schon erfolgten wissenschaftlichen Erhebungen in der fachdidaktischen Forschung, mit ihren dort eingesetzten Untersuchungsinstrumenten gegeben.

Davon ausgehend sind Untersuchungen über das Erlernen der Formelsprache in den letzten zwei Jahrzehnten regelmäßig durchgeführt worden. Diese Tests werden im Allgemeinen anhand von Feldstudien im Rahmen der fachdidaktischen Forschung und seltener in klinischen Untersuchungsszenarien durchgeführt [vgl. beispielsweise Schmidt (1990), Harsch, Heimann, Kipker (2003), Musli (2008)].

#### 3.1 Die Begriffe Diagnose und Diagnostik im schulischen Kontext

Der Begriff der *Diagnose* (griech. Entscheidung) stammt aus der Medizin. Hier bezeichnet dieser Begriff Diagnose eine Beurteilung, die eine zweifelsfreie Zuordnung einer Störung zu einem Krankheitsbegriff aufzeigt, bzw. eine Vermutung auf die zu Grunde liegenden Symptome für die auftretende Störung ermöglicht. Unter dem Begriff *Diagnostik* (griech. Fähigkeit zu unterscheiden) verstehen Mediziner (und auch Psychologen) Methoden zur Erstellung von Diagnosen, die zur Abklärung von Krankheitsursachen oder als instrumentelle Hilfe für jene Beratungen dienen, die mit Hilfe eines Klassifikationsschlüssels einer Krankheit oder Störung zugeschrieben werden. (Pschyrembel, 1994).

Jäger (2006, S. 94) definiert in der Psychologie jenen diagnostischen Prozess, der z.T. auch auf die schulische Umgebung übernommen und angepasst werden kann. „*Der diagnostische Prozess bezeichnet die zeitliche, organisatorische, strategische und personale Erstreckung zwischen vorgegebenen zunächst allgemeinen Fragestellungen sowie deren Beantwortung. [...] Diagnostische*

*Urteilsbildung wird eine Station im diagnostischen Prozess bezeichnet, in der die vorliegenden Informationen über einen Beurteilungssachverhalt (Personen, Objekte, Ereignisse, Institutionen etc.) zu einem Urteil integriert werden.“* Diesem Urteil entspricht die Diagnose.

In der Schule sollen auf Grund von (meist beobachtbaren) Informationen über Lernverhalten, Persönlichkeitsmerkmalen, Leistungen, Unterrichtssituationen u.a.m. Entscheidungen getroffen werden, die den Unterricht bezogen auf die Persönlichkeitsentwicklung, die Leistung oder die Fähigkeiten und Fertigkeiten von Schülerinnen und Schüler betreffen. *„Eine kompetente Diagnose in Unterrichtssituationen bedeutet, dass eine Lehrperson in der Lage ist, während des Unterrichts in der sozialen Interaktion vermittelte Anzeichen bei den Schülern bezüglich der Ausprägung der Lernvoraussetzungen wahrzunehmen und gegebenenfalls weitere spezifische, diagnoserelevante Informationen zu sammeln bzw. darauf aus der Erinnerung zurückzugreifen. [...]“* (Barth, 2010, S. 400). Da diese Art von Diagnostik im Alltag durch Lehrkräfte meistens unbewusst durchgeführt wird, sind Lehrerdiagnosen zwar vorhanden, werden aber noch nicht richtig verwendet, da oft gesicherte und geeignete Instrumente zur Stellung eindeutiger Diagnosen fehlen. Diagnostik und auch die Entwicklung von Diagnosekompetenz ist erst in den letzten Jahren in den Fokus des Studiums und der Fortbildung gerückt, um den zukünftigen und auch der im Dienst befindlichen Lehrkräften eine Verbesserung ihrer Berufskompetenz zu ermöglichen.

### **3.1.1 Untersuchungen über das mathematisch – abstrakte Verständnis**

Einen Überblick über die Studien, die sich mit der Untersuchung von Problemen beim Erlernen der Formelsprache beschäftigen, liefert der Beitrag von Taskin und Bernholt (2012). Trotzdem soll zunächst ein kurzer Überblick über die entwickelten Test(verfahren) und deren Ergebnisse in Bezug auf das Problem des Erlernens der Formelsprache gegeben werden, um später das hier neu entwickelte Testverfahren einordnen zu können.

Mit dem Ziel, Lösungsalgorithmen und dazu korrespondierende Schülervorstellungen zu untersuchen, wurden von Nurrembern und Pickering (1987) sowie Sawery (1990) bildliche Darstellungen verwendet, um Zustände korrespondierender Schülervorstellungen vor und nach der Vermittlung chemischer Reaktionsvorgänge beschreiben zu können. Damit soll die Vorstellung der Lernenden von möglichen Umsetzungsprodukten und deren stöchiometrischer Zusammensetzung überprüft werden. Zusätzlich wurden Bilder von chemischen Reaktionen, denen die richtige Reaktionsgleichung zugeordnet werden muss eingesetzt.

Die Lösungen sind schriftlich im Rahmen eines Testsettings erhoben worden. Es wurde aufgezeigt, dass ein mangelndes Problemlöseverhalten seitens der Lernenden besteht und eine Lösung eher durch Probieren erhalten wird. Dabei wurde zusätzlich deutlich, dass Lernende verschiedene

naturwissenschaftliche Konzepte, u. a. der Stöchiometrie und der Atomvorstellungen, nicht anwenden konnten und sich an eigenen Fehlvorstellungen für die Erarbeitung ihrer Lösung orientierten.

Eine weitere Form ist das gezielte Befragen von Lernenden, wobei im Rahmen des Interviews geeignete Lösungsalgorithmen für vorgegebene chemische Reaktionen erfragt werden. So ist durch Yarroch (1985) ermittelt worden, dass die Lernenden zwar in der Lage sind, mit numerischen Methoden Reaktionsgleichungen auszugleichen, aber mit dem Verständnis von dahinter stehenden Lösungsalgorithmen und Gesetzen, wie dem Gesetz zur Erhaltung der Masse und dessen Interpretation in Bezug auf stöchiometrische Zusammenhänge, Schwierigkeiten haben. Einige Lernende zeigen hier auch Verständnisprobleme beim Umgang mit Koeffizienten und Indices. Im Weiteren sind visuelle Vorstellungen über chemische Umsetzungen nicht immer vorhanden. Hinzu kommt, dass die meisten Schülerinnen und Schüler bei Ihren Berechnungen keine gelernten Lösungsalgorithmen verwenden, sondern eher über Ausprobieren eine Lösung zu erarbeiten versuchen. Daraus erwachsen Strategiefehler und Fehlvorstellungen. Als Strategiefehler bezeichnet Schmidt (1990) Fehler beim Anwenden eines möglichen Lösungsalgorithmus und als Fehlvorstellungen werden die oben genannten Verwechslungen von Indices und Koeffizienten bezeichnet sowie Verwechslungen bei der Übertragung von Beobachtungen aus dem sichtbaren in den submikroskopischen Bereich. Um das Auftreten der jeweiligen Fehlertypen zu ergründen, wird ein eigenes Testrepertoire entwickelt, in dem alle stöchiometrischen Gesetzmäßigkeiten abgefragt werden. In diesem Verfahren sollen die Probanden die richtige Lösung sowohl berechnen als auch diese aus einer vorgegebenen Anzahl von Lösungen herausfinden können.

Zusätzlich zeigte sich, laut Harsch, Heimann und Kipker (2003), dass die Lernenden Formeln und Teilchenabbildungen nicht korrekt zuordnen konnten. Ergänzend wird in einem erweiterten Test mit Hilfe von Graphen die quantitative Abhängigkeit einer chemischen Reaktion erfragt. Auf Grundlage dieser Ergebnisse modellierten die Autoren ein Beziehungsnetz des stöchiometrischen Wissens von Lernenden. Dieses Beziehungsnetz der möglichen Lernwege wird aufgeschlüsselt, wobei Beziehungen zwischen symbolischen, graphischen und numerischen kognitiven Verständnisprozessen untersucht werden. Es wurde durch Arasasingham, Taagepera, Potter und Lonjers (2004) erkannt, dass die o.g. Probleme besonders dann auftreten, wenn der Unterschied zwischen sichtbarer und molekularer Ebene grundsätzlich nicht verstanden wurde.

Scott (2012) erkannte bei Schülerinnen und Schülern Schwierigkeiten in der Verknüpfung von mathematischen Erkenntnisschritten mit chemischen Berechnungsschritten. Schülerinnen und Schülern fällt es schwer, Wissen aus der Mathematik in die Chemie zu transferieren und für die Lösung von chemischen Berechnungen anzuwenden.

Das Untersuchungsverfahren (s.o.) von Nurrembern (1987) wurde dann von Sanger (2005), Fach (2007) und Musli (2008) modifiziert. Erweiternd soll zu einer Abbildung eine stöchiometrische Berechnung durchgeführt werden. Mit dieser Art des Testsettings erfährt man etwas über gewählte Lösungsstrategien und dabei auftretende mögliche Fehler. Auch bei dieser Modifikation kommt es vor, dass Koeffizienten und Indices bei der Erstellung der Formeln vertauscht werden. Wesentlich hierbei ist die Erkenntnis, dass bereits gelernte Lösungsalgorithmen, auch bei Einflechtung der stöchiometrisch-chemischen Gesetze, nicht konsequent angewendet worden sind.

Lernende können ihr Wissen laut Eylon, Ben-Zvi und Silberstein (1987) dann nicht folgerichtig koordinieren, sobald sie einzelne Komponenten der möglichen Lösungsstrategien in ihrem Wissensrepertoire haben und dann viele der einzelnen Lösungsansätze zu einer komplexen Lösung verknüpfen müssen. Um das festzustellen, sind verschiedene Aufgaben mit unterschiedlichen Vernetzungen im Bereich des numerischen und Abstraktionswissens bei der Erstellung von Formeln entwickelt worden. Diese zeigen eine mögliche Hierarchisierung von Wissensebenen auf, wodurch Verknüpfungen von Wissensfeldern dargestellt werden konnten.

Mit Hilfe eines Aufgabenformates, ausgestattet mit Bildern von Ausgangs- und Endstoffen, sowie weiteren fachlichen Aussagen, die auf einen quantitativen chemischen Sachverhalt bezogen werden sollen, wurde die Anwendung von Lösungsalgorithmen und Strategien im Bereich des konzeptuellen Verständnisses untersucht. Dabei stellen Zoller, Lubezky, Nakhleh und Tessier (1995) fest, dass, auch bei der Erkenntnisbildung und späteren Fähigkeit für die Beantwortung von Tests, die Vermittlung von Inhalten durch Unterricht eine wesentliche Rolle bei Lernenden spielt.

Weitere Studien erheben das Wissen von Zusammenhängen zwischen submikroskopischer Ebene, makroskopischer Ebene und Symbolebene [vgl. Hinton & Nakhleh (1999), Glazar & Devetak (2002) und Devetak, Urbancic, Grm, Krnel, & Glazar (2004)]. Die Auswertungen ergaben, dass sich innerhalb dieses Beziehungsgeflechts leicht Fehlvorstellungen einstellen, da durch die Lernenden kaum Rückschlüsse von beobachteten Zusammenhängen zwischen submikroskopischer Ebene und den zwei anderen Ebenen gezogen worden sind.

Die Übertragungsschwierigkeiten von Ergebnissen aus der sichtbaren in die molekulare Ebene für Lernende zeigen auch Naah und Sanger (2012) auf. Zusätzlich werden Probleme bei der Erklärung von Lösungsvorgängen ohne begleitende chemische Reaktion beobachtet. Das verdeutlicht, dass Schülerinnen und Schülern oft nicht klar ist, was eine chemische Reaktion kennzeichnet und was ein einfacher Lösungsvorgang ohne begleitende chemische Reaktion ist. Für die Anwendbarkeit der Formelsprache bedeutet das, dass erkannt werden muss, ob eine chemische Reaktion abläuft oder

auch nicht und, sobald eine Reaktion abläuft einen solchen Vorgang dann mit Hilfe einer Reaktionsgleichung zu beschreiben.

Mit Hilfe des von Rickey und Stacy (2000) entwickelten „Problem-Lösungstests“ soll die metakognitive Leistung bei der Lösung eines stöchiometrischen Problems ermittelt werden. Mit diesem Test kann gezeigt werden, dass es zwei mögliche Erkenntniswege zur Aktivierung von metakognitiven Fähigkeiten gibt.

a) Predict-Observe-Explain (POE): Hier wird die Verknüpfung von Hypothesenbildung, Beobachtungen und daraus resultierenden Erklärungen untersucht.

b) Model-Observe-Reflect-Explain (MORE): die Erst-Idee des Lernenden spielt als Modell eine wesentliche Rolle. Sie wird reflektiert und anschließend modifiziert.

Für die Erkenntnisbildung chemischer Zusammenhänge wird im Rahmen der Untersuchung metakognitiver Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern eher der zweite Lernweg beschritten, um Verknüpfungen zwischen modellhaften Erkenntnissen und chemischen Zusammenhängen zu bilden.

Bei Davidowitz, Chittleborough und Murray (2010), sowie Kelly, Barrera, & Mohamed (2010) wurde das Verfahren um eine graphische Ebene erweitert, womit die visuelle Verständnisebene bei Lernenden überprüft wurde. Daraus ist zu erkennen, dass auch in dieser Ebene Probleme bei stöchiometrischen Berechnungen vorliegen und ferner eine Beziehung zwischen Symbolen und Bildern durch die Lernenden nicht hergestellt werden konnte. Das gilt ebenso für die bildliche Darstellung von Reaktionsschemata in der submikroskopischen Ebene. Zusätzlich zeigte sich in Studien von Nyachwaya et al (2011) und Yitbarek (2011), dass das Lesen von Informationen, das Transferieren von stöchiometrischen Berechnungen in bildliche Darstellungen sowie stofflich-makroskopische Zustandsbeschreibungen den Lernenden Schwierigkeiten bereiten.

Wenn der direkte Bezug zum Lerninhalt gegeben ist, zeigen sich, nach Bernholt et al (2012), bessere Testergebnisse der Überprüfung von quantitativ-abstrakten Inhalten im Vergleich zu Resultaten bei denen die Lernenden nach einigem Zeitabstand befragt worden sind. Zusätzlich spielt die genauere curriculare Passung des Lernangebotes eine wesentliche Rolle, um quantitativ-abstrakte Inhalte besser vernetzen zu können.

Sieht man sich die beschriebenen Studien aus Nordamerika und Europa an, zeigt sich ein klarer Untersuchungstrend. Besonders die Verwechslung von Koeffizienten und Indices sowie das Nichteinhalten von gelernten Lösungswegen wird in fast allen Untersuchungen als zentraler Fehler, unabhängig vom Untersuchungsdesign, benannt. Zusätzlich wird aufgezeigt, dass Schülerinnen und Schüler oft Probleme bei Übertragungen von Prozessen in der sichtbaren auf die submikroskopische

Ebene haben. Es kristallisiert sich heraus, dass metakognitive Fähigkeiten im Bereich der Mathematik und der Abstraktion beim Erlernen der Formelsprache eine zentrale Rolle spielen, was durch die o.g. Studie betätigt wird.

### 3.1.2 Untersuchungen über das chemiebezogene Sprachverständnis

Untersuchungen bezogen auf das Textverständnis im Chemieunterricht wurden in sehr wenigen Studien gefunden, da es sich hier um ein sehr komplexes Gebiet handelt, das nur einen indirekten Bezug zur Formelsprache herstellt. Trotzdem ist auch ein Augenmerk darauf zu richten, da in Texten oft komplexere Sachverhalte erklärt werden, die mit Hilfe einer Reaktionsgleichung oder einer Formel verkürzt dargestellt werden (können). Dabei entstehen häufig Probleme, wenn es darum geht, die Inhalte der Texte mit den relativ abstrakten Symbolen einer Formel in Beziehung zu setzen.

Durch Multiple Choice Tests konnte gezeigt werden, wie sich das sprachliche Verständnis chemischer Fachsprache auf das Erlernen von Zusammenhängen auswirkt, und wie sich das in Tests zur Überprüfung der Leistung widerspiegelte. Meist ist die Lesekompetenz sehr gering. Deshalb werden die meisten Informationen nicht aus dem Text entnommen, sowie die erlernten Begriffe selten über Lesen gefestigt. Die Interpretation spielt, laut Hosemann (1999), Marais und Jordaan (2000), beim Lesen und Lernen von Symbolen eine wesentliche Rolle. Durch Fehlinterpretationen von Symbolen treten Probleme beim Verstehen der Formelsprache auf, da Zusammenhänge nicht erkannt oder Symbole missdeutet werden.

Das Leseverständnis beim Erfassen von Texten (aus Schulbüchern) ist sehr komplex und läuft auf mehreren sprachlichen Ebenen ab. Ausgehend von der non-verbalen Sprache wird die Fachsprache bis hin zum mathematischen Ausdruck im naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt. Oft wird diese sprachliche Genese nicht bewusst vollzogen, sondern unbewusst von den Lehrkräften gesteigert. Erst in neuerer Zeit befasst man sich explizit auch mit dem Sprachgebrauch in den Naturwissenschaften. Wie gut ein Text verstanden wird, ist abhängig von der Textarbeit im Unterricht, denn oft wird bei der ersten Konfrontation mit einem Text der Inhalt nur teilweise aufgenommen. Erst durch verschiedene Elemente des Lesens, wie z.B. Markieren und Erklären von Begriffen, wird eine Auseinandersetzung mit dem Text und dessen Inhalt ermöglicht. Ein wesentliches Element dafür ist, entsprechende Texte möglichst adressatengerecht zu formulieren. Dabei spielen die sprachlichen Ebenen eine zentrale Rolle, denn diese zeigen auf, wie komplex Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht angewendet wird. Diese Erkenntnisse sind für das Erlernen von Formelsprache von Bedeutung, denn hier werden die Lernenden mit der Tatsache konfrontiert, dass hinter wenigen Symbolen viele Informationen verborgen sind, die durch Texte ebenfalls verdeutlicht werden können. Schülerinnen und Schüler müssen aus diesen Symbolen entweder Inhalte decodieren oder codieren, was im Allgemeinen die Abstraktions- mit der Lesekompetenz verknüpft. In der nachstehenden Abbildung sind die im

Fachunterricht verwendeten sprachlichen Ebenen abgebildet, die oft durch Lehrkräfte unbewusst eingesetzt werden [Schrader, Wolf, & Wenck (2003), Wellington (1983), Merzyn (1998), Leisen (2005), (2011)) und Reiners & Struve (2011) (s. Abbildung 4)].

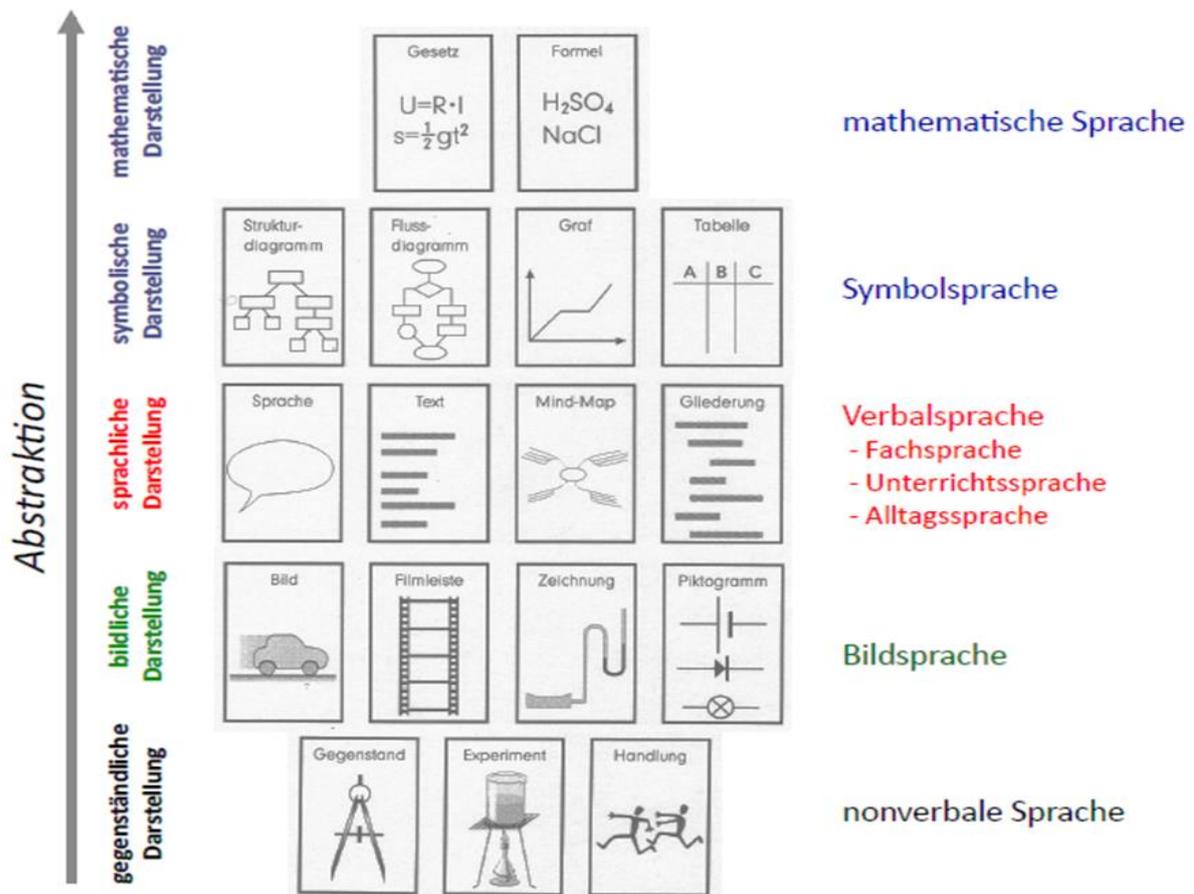


Abbildung 4: Abstraktionsebenen von Sprache nach J. Leisen (2011)

Sprachförderung im Rahmen des Erlernens der Formelsprache beschäftigt seit kurzer Zeit viele Schulen, da immer mehr Lehrkräfte bemerken, dass Lernende leicht mit der sprachlichen Beschreibung chemischer Sachverhalte überfordert sind - selbst bei relativ einfachen Inhalten. Deswegen werden unterschiedliche Lösungsansätze ausprobiert, um dieses Defizit zu beheben (Leisen, 2011).

Agel, Beese und Krämer (2012) stellen in ihrer Untersuchung verschiedene Satzbausteine, Symboleinheiten, sowie auch Satzkonstruktionen vor. Mit diesen sollen Lernende arbeiten, wenn sie chemische Prozesse beobachten, (schriftlich) auswerten und in Formelsymbole übertragen. Interessant ist ein möglicher Ansatz, um Formelsprache in den Anfangsunterricht zu integrieren, und dadurch die sprachlichen Komponenten schon eher für die Lernenden zugänglich zu machen. Hier wird durch Heuer und Parchmann (2008) versucht, Regeln für die Verwendung von Koeffizienten und Indices bei alltäglichen Worten einzusetzen, z.B. Sonne wird zu  $So_{n_2}e$ . Mit dieser Vereinfachung soll

beispielhaft einer möglichen Überforderung der Lernenden entgegen gewirkt werden. So werden diese Komponenten der Formelsprache schon spielerisch in den Fokus der Schülerinnen und Schüler gerückt.

### 3.1.3 Diagnostik und Diagnosekompetenz in der Lehrerbildung

Im Rahmen der Kompetenzformulierungen der Kultusministerkonferenz (KMK, 2004) sind zu erwerbende Lehrerkompetenzen festgeschrieben worden, u.a. auch die Diagnosekompetenz: Lehrerinnen und Lehrer diagnostizieren Lernvoraussetzungen und Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern; sie fördern Schülerinnen und Schüler gezielt und beraten Lernende und deren Eltern. In Deutschland existieren erst seit 2004 die u. g. Standards für die Diagnosekompetenz, in den USA hingegen sind diese Standards zur Diagnostik schon seit den frühen 1990-iger Jahren in den Richtlinien zur Lehrerausbildung integriert. In der USA soll die Lehrkraft alle Informationen des schulischen und außerschulischen Umfeldes, wie beispielsweise Beobachtungen, Tests, Informationen von Eltern wie auch Selbsteinschätzungen, zur Diagnose von Lernprozessen heranziehen. In der Europäischen Union gibt es eine allgemeine Vorgabe über die Studieninhalte, es wird u.a. Diagnosekompetenz bei den (zukünftigen) Lehrkräften gefordert, die eigentliche Ausgestaltung dieser im Rahmen des Studiums und der nachfolgenden Ausbildung zu vermitteln liegt jedoch bei den einzelnen Mitgliedsstaaten und deren nationalen Ministerien [(KMK (2004); Myford (1993); CCSSO (1992); EU (2007))].

Für das deutsche Studium gilt, dass die Absolventinnen und Absolventen

- wissen, wie unterschiedliche Lernvoraussetzungen Lehren und Lernen beeinflussen und wie sie im Unterricht berücksichtigt werden sollen;
- die Formen von Hoch- und Sonderbegabung, Lern- und Arbeitsstörungen kennen;
- die Grundlagen der Lernprozessdiagnostik kennen;
- die Prinzipien und Ansätze der Beratung von Schülerinnen und Schülern sowie Eltern kennen.

Für das Referendariat gilt:

Die Absolventinnen und Absolventen

- erkennen Entwicklungsstände, Lernpotentiale, Lernhindernisse und Lernfortschritte;
- erkennen Lernausgangslagen und setzen spezielle Fördermöglichkeiten ein;
- erkennen Begabungen und kennen Möglichkeiten der Begabungsförderung;
- stimmen Lernmöglichkeiten und Lernanforderungen aufeinander ab;
- setzen unterschiedliche Beratungsformen situationsgerecht ein und unterscheiden Beratungsfunktion und Beurteilungsfunktion;
- kooperieren mit Kolleginnen und Kollegen bei der Erarbeitung von Beratungen/Empfehlungen;
- kooperieren mit anderen Institutionen bei der Entwicklung von Beratungsangeboten

KMK (2004); Helmke, Hosenfeld, & Schrader (2004) und Barth (2010).

Werkzeuge, um diese Standards zu erfüllen, sind im Rahmen der deutschen Lehrerbildung im Studium und im Referendariat noch in der Entwicklungsphase und werden nach und nach praxisrelevant, so dass noch über längere Zeit wenig etablierte Konzepte vermittelt werden [ (BMBF, 2004) und (Barth, 2010)].

### 3.1.4 Vom Begriff der Diagnostik zur Diagnosekompetenz

Es werden bei Kretschmann (2004) die ersten konkreten Ansätze für die Ziele von Diagnostik in der Schule aufgezeigt und folgende grundlegende Forderungen für Diagnostik durch Lehrerinnen und Lehrern aufgestellt:

1. Welchen Zweck verfolgt die Diagnostik?
2. Welches Hintergrund und Begleitwissen wird vorausgesetzt; sollen und müssen alle Lehrkräfte über die gleichen Diagnosekompetenzen verfügen?

Zusätzlich werden erste Einsatzfelder von Diagnostik im Unterrichtsgeschehen aufgezeigt:

1. Einsatz im regulären Unterricht, um eine Passung von Unterrichtsinhalten zu gestalten, sowie die Lernausgangslage von Lernenden zu ermitteln
2. Einsatz als Frühwarnsystem, als Präventionsmaßnahme, um lern- und entwicklungsgestörte Kinder zu erkennen [...]

Insbesondere der erste Punkt ist vielen Lehrerinnen und Lehrern in Deutschland aus der Erstellung von Unterrichtsentwürfen im Rahmen des Referendariats bekannt, denn dort wird im Allgemeinen eine Einschätzung der Lerngruppe formuliert, die deren Lernvoraussetzungen sowie die Lehrvoraussetzungen charakterisieren und beschreiben soll [ (Meyer, 2004) und (Mischke, 2009)].

Aus diesen Grundvorstellungen zur Diagnostik kristallisiert sich heraus, dass die Fähigkeit zum Erstellen von Diagnosen eine wesentliche Kompetenz einer Lehrkraft sein muss, die aus nachstehenden beeinflussbaren und nicht beeinflussbaren Fähigkeiten der Lehrkraft abgeleitet werden kann.

Diagnostische Kompetenz ist folglich ein Bündel von Fähigkeiten, die zusammen die zu treffenden pädagogisch(-psychologischen) Entscheidungen einer Diagnose ausmachen. Diese sind:

1. Allgemeine Fähigkeiten, z.B. Intelligenz des Lehrers,
2. Erfahrungsabhängige bereichsspezifische Fähigkeiten und Wissensstrukturen, z.B. Möglichkeiten zur Datengewinnung, Kommunikation mit allen Beteiligten,
3. Bereichs- und gegenstandsspezifische Aspekte, z.B. Anforderungen von Maßnahmen,
4. Spezifische Kenntnisse über Schülerinnen und Schüler, wie z.B. Stärken- und Schwächenprofile

[Buch (2008); Helmke, Hosenfeld & Schrader (2004); Helmke, et al. (2014)]

Bezieht man das nun auf die Persönlichkeit der jeweiligen Lehrkraft gilt nach Schrader (2009, S. 238): *„Diagnostische Kompetenz wird als ein Personenmerkmal angesehen, das Lehrkräfte in die Lage versetzt, sachgerechte diagnostische Urteile abzugeben, die für die Planung, Gestaltung und Evaluation pädagogischen Handelns und die Bewertung von Lernergebnissen nötig sind.“*

Im Weiteren soll dargelegt werden, wie weit die „Diagnostische Kompetenz“ von Lehrerinnen und Lehrern entwickelt ist und wie genau (akkurat) gestellte Diagnosen in Bezug auf Lernvoraussetzungen, Fähigkeiten und Unterrichtssituationen überhaupt sind.

Da an den Schulen immer mehr die individuelle Förderung und das individualisierte Lernen im Rahmen der Schul- und Unterrichtsentwicklung in den Fokus gerückt wird, spielt das Diagnostizieren von Lernvoraussetzungen, Lernprozessen und Unterrichtssituationen eine große Rolle um binnendifferenzierte Unterrichtsangebote zu machen oder zu entwickeln und damit allen Lernenden einen individuellen Zugang zu den jeweiligen Fachinhalten zu verschaffen. Auch in Schulbüchern setzt sich der Trend, differenzierte Lernangebote zu machen fort. Um vor einer diversifizierten Schülerschaft erfolgreich zu unterrichten, ist daher die Diagnose von Lernvoraussetzungen und individuellen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern ein wesentlicher Baustein. Damit muss sich auch das Fähigkeitsprofil der Lehrerinnen und Lehrer verändern, um diesen Anforderungen gerecht zu werden (Winter, 2009).

Von verschiedenen Autoren sind mit unterschiedlichen Ansätzen Möglichkeiten zur Beurteilung, ob Lehrkräfte aktuell überhaupt in der Lage sind eine Diagnose zu erstellen, untersucht worden.

Verschiedene Tätigkeiten von Lehrkräften, wie z. B. gerichtete Beobachtungen während des Unterrichts und Entwicklung von Testaufgaben, weisen laut der Untersuchung von Lin (2006) auf Möglichkeiten hin, Probleme von Schülerinnen und Schülern innerhalb des Lernprozesses zu erfassen. Besonders mathematische Verständnisschwierigkeiten können auf diese Weise aufgedeckt werden, so dass hier von einer möglichen ersten diagnostischen Erfassung gesprochen werden kann. Sollen Anfänger im Lehrerberuf und erfahrene Lehrkräfte konkrete Unterrichtssituationen beurteilen, so werden die entsprechenden Unterrichtssituationen von Berufsanfängern nach Bromme und Haag (2008) oft nur beschrieben, von den Berufserfahrenen teilweise interpretiert. Bezieht man diese Aussage auf die Erstellung von Diagnosen, so zeigt sich, dass (auch) bei Diagnosen anfänglich eine Beschreibung von Personen oder Situationen erfolgt. Erst im späteren Berufsleben kann als Folge zunehmender Erfahrung eine Interpretation von Handlungen der beobachteten Personen oder Situationen erstellt werden. Das Diagnose-bezogene Professionswissen von Lehrkräften steht jedoch nicht unbedingt im Zusammenhang mit Berufserfahrung (Schrader F. , 2009). Folglich stellen ältere Kolleginnen und Kollegen nicht notwendigerweise genauere Diagnosen. Werden also Lernvoraussetzungen diagnostiziert, kann es vorkommen, dass diese nicht immer korrekt

diagnostiziert worden sind – auch mit zunehmender Berufserfahrung nicht –, was zu einer Fehlanlage von Unterrichtssequenzen sowie zu Problemen beim Lernprozess führen kann.

Lehrkräfte diagnostizieren oft Leistungen von Schülerinnen und Schülern mit Hilfe formativer Leistungsdiagnostik (Tests und Klassenarbeiten, mündliche Mitarbeit u.a.m.), aber selten deren Fähigkeiten und Fähigkeitskonzepte. In der fachdidaktischen Literatur wird vermutet, dass solche Diagnosen für den Unterricht als zu aufwändig gelten und daher selten durchgeführt werden. Weiterhin gelten diagnostische Urteile von Lehrerinnen und Lehrern über Schülerintelligenz, schulische Fähigkeitsselbstwahrnehmungen und Lernmotivation als „gering und verbesserungswürdig“, also als ziemlich ungenau [Spinath, (2005); Praetorius, Greb, Lipowsky & Gollwitzer, (2010); Urhahne, et al. (2010) und Urhahne & Zhou (2012)].

Lehrerinnen und Lehrer sind laut Helmke, Hosenfeld & Schrader (2004) und Barth (2010) also selten in der Lage, über Probleme im Lernprozess oder Lernfortschritte sowie Fähigkeiten einzelner Schülerinnen und Schüler differenziert Auskunft zu geben. Eine Diagnosekompetenz von Lehrkräften wird oft mit der Fähigkeit, Leistungen von Schülerinnen und Schüler einzuschätzen, gleichgesetzt. Es werden die Leistungen der Lernenden herangezogen, um eine Diagnose in Bezug auf ihre Merkmalsausprägungen (hier: ihren Leistungen) zu stellen bzw. zu verifizieren. Zusätzlich werden auch Beurteilungen durch die Lehrkräfte über das Schwierigkeitsniveau von Aufgaben im Vergleich zur jeweiligen Leistung der Schülergruppe herangezogen. Manchmal fließen in diagnostische Urteile Merkmale wie Intelligenz und kognitive Komplexität (bei Lernprozessen) ein. Diese Merkmale der Schülerinnen und Schüler sind allerdings stabil und weitestgehend nicht durch Lehrkräfte zu beeinflussen.

Schließt man die Betrachtungen von erfahrenen Lehrkräfte mit ein, so kann man laut einer Studie von Krolak-Schwerdt, Böhmer und Gräsel (2009) erkennen, dass diese in der Regel deutlich besser in der Lage sind zwischen Kategorie und merkmalsbasierten Informationen zu unterscheiden. Sie können schnell Lernende einordnen, sobald sie Merkmale zur deren Kategorisierung durch den Beobachtungsauftrag oder den Testleiter bekommen. Diese Informationen nutzen sie je nach gewünschtem Ziel. Interessanterweise werden diese Urteile auf einer breiten Datenbasis erhoben, meistens fußend auf Leistungstests in schriftlicher und mündlicher Form. Weiterhin werden diese Beurteilungen selten isoliert dargestellt, sondern bezogen auf die jeweilige Lerngruppe erstellt. Dieser Prozess kann aber erst durch relativ große Erfahrung erfolgreich umgesetzt werden. Welcher Güte diese Beurteilungen sind, lässt sich nicht eindeutig sagen. Es scheint aber so zu sein, dass Diagnostizieren durchaus erlernbar ist.

Im Rahmen einer Interventionsstudie ist von Rogalla und Vogt (2008) untersucht worden, wie sich individuelle Lernvoraussetzungen bei Schülerinnen und Schülern im Unterricht auswirken und wie Lehrkräfte diese Auswirkungen feststellen. Es wird aufgezeigt, dass Lehrerdiaagnosen im Allgemeinen

situationsspezifisch und im Rahmen von Lehrerhandlungen, also „ad hoc“, aus der Situation entstehen und nicht als Speicherwissen nach Informationen abrufbar sind. Die so erhobenen Diagnosen der Lernprozesse sind also meistens direkt in das Unterrichtsgeschehen integriert. Die Fähigkeit, Unterricht nach Diagnose der Lernvoraussetzungen und der curricularen sowie didaktischen Entscheidungen optimal auf die Lernenden anzupassen, wird als adaptive Lehrkompetenz bezeichnet. Diese kann in adaptive Planungskompetenz und die adaptive Handlungskompetenz unterteilt werden. Zur Untersuchung der adaptiven Lehrkompetenz ist die Erweiterung von naturwissenschaftlichem Wissen von Lernenden erhoben worden, bei denen Lehrkräfte unterrichtet haben, die vorher die Lernvoraussetzungen im Rahmen von Planungskompetenz diagnostiziert haben. Dabei zeigte sich, dass das Wissen in der Interventionsgruppe deutlich gestiegen ist. Die gemachten Erkenntnisse sollen im Unterricht im Rahmen der Handlungskompetenz umgesetzt werden. Zusätzlich wurde untersucht, wie sich Planungs- und Handlungskompetenz durch „Coaching“ von Lehrkräften optimieren lässt. Es wird aufgezeigt, dass die Planungskompetenz im Vergleich zur Handlungskompetenz dadurch deutlich zu verbessern war. Eine Schwäche dieser Ausführungen zeigt sich in der Erfassung der Handlungskompetenz, die nur über die Reflexion und Interpretation von durchgeführtem Unterricht erfasst worden ist. Es wird jedoch herausgestellt, dass die Handlungskompetenz deutlich resistenter gegen Veränderung durch Coaching ist als die Planungskompetenz.

Bezieht man dieses allgemeine Wissen über Diagnosekompetenz auf den naturwissenschaftlichen Fachbereich und speziell auf Chemieunterricht und Chemielehrkräfte, so zeigt sich, dass hier noch große Lücken bei der Qualifizierung dieser existieren.

Diese Lehrkräfte benennen laut Fach (2007) und Musli (2008) zwar im Allgemeinen Probleme und ordnen die Probleme auch den jeweiligen Fähigkeitsfeldern der Lernenden global zu, stellen aber im eigentlichen Sinn keine Diagnose, was auch für den Bereich der Formelsprache im Fach Chemie gültig ist.

Bei vielen Chemielehrkräften herrschen folgende Defizite vor, die nach Anton (2005) nur sehr langsam korrigiert werden können:

- Kommunikationshürden,
- fehlende Zielformulierung, eingeschränkte Objektivierung und Evaluation,
- geringe Innovationskenntnis,
- fehlende Kriterien zur Weiterentwicklung von Stundenkonzeptionen und -analysen.

Um die Diagnosekompetenz von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Unterricht direkt zu erforschen, haben McElvany et al (2009) eine Unterrichtsreihe mit instruktionalen Bildern analysiert. Bilder als Unterrichtsmaterial spielen gerade im naturwissenschaftlichen Unterricht eine wesentliche Rolle, da mit ihnen abstrakte Informationen wiedergegeben sowie mikroskopische und submikroskopische Strukturen verdeutlicht werden können. Der Lernende hat die Aufgabe,

Textinhalte und Bildinformationen sinnvoll miteinander zu verknüpfen. Diese Fähigkeit soll innerhalb des Unterrichtes durch die Lehrkräfte entwickelt werden. Damit das gelingen kann, benötigen die Unterrichtenden Ergebnisse aus (selbst)gestellten Diagnosen, um Materialien optimal in den Unterricht zu integrieren und auf die jeweilige Lerngruppe anzupassen. Es zeigt sich, dass Lehrkräfte nicht unbedingt ausgeprägte diagnostische Kompetenzen haben. Sie sind nur z.T. in der Lage die Probleme der einzusetzenden Materialien und die zu erwartenden Fähigkeiten der Lernenden zu diagnostizieren. Daraus lässt sich ableiten, dass die Diagnosekompetenz nicht immer hinreichend ausgeprägt ist und somit ausgebildet oder fortgebildet werden muss.

### **3.2 Selbstdiagnose von Schülerinnen und Schülern – Überprüfen von Wissen durch Lernstandsdiagnostik**

Die Gesellschaft Deutscher Chemiker hat 2008 die ersten Diagnosetests, die als Selbsttests konzipiert worden sind, vorgestellt [ (Krumm, Zimmerer, & Kerner, 2008)]. Diese können von Lehrerinnen und Lehrern innerhalb von Unterrichtsreihen eingesetzt werden, um herauszufinden, wie gut der jeweilige Unterrichtsstoff verstanden worden ist. Diese Tests werden im Allgemeinen von Lehrkräften nicht ausgewertet und sollen den Schülerinnen und Schülern aufzeigen, wo sie noch Defizite aufweisen.

Weitere solche Lernstandsdiagnose-Aufgaben zur Selbsteinschätzung der Leistung sind ebenfalls im Projekt Sinus des MSW Nordrhein-Westfalen entwickelt worden [ (Klawikowski, Roggendorf, Müssing-Pabst, & Sklarz, 2013)]. Hierbei wird der Wissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler im Unterrichtsvorhaben „*Metalle und Metallgewinnung*“ und „*Organische Chemie*“ gemessen. Die Lehrkraft kann dann auf Grund der Ergebnisse den Unterricht optimieren. Man kann diese Art diagnostischen Verfahrens im eigentlichen Sinne als „Nicht-Diagnostik“ bezeichnen, da in diesem Falle die Schülerinnen und Schüler im Großen und Ganzen selbstgesteuert ihren Lernprozess verfolgen und die Lehrperson wird erst sehr spät (ggf. zu spät) in den Erkenntnisprozess einbezogen. Das kann zur Folge haben, dass entstehende Fehlvorstellungen oder Strategiefehler nur z.T. ausgeräumt werden oder der Lernprozess nicht gesichert verläuft. Hier wird eher eine „Stärken-Schwächen-Analyse“ durchgeführt, da im Allgemeinen nach Durchführung der jeweiligen Unterrichtseinheit nur überprüft wird, ob man den Inhalt verstanden hat. Hier werden keine Voraussetzungen, geschweige denn ein Metawissen zum Erlernen überprüft, sondern nur das zu erlangende Wissen der Unterrichtssequenz erfasst.

Für die Entwicklung von Werkzeugen durch die Forschungsgruppe der TU Dortmund (Blaes, 2012), wie beispielsweise diagnostische Multiple Choice Tests oder Concept-Maps zur Wissens-Strukturierung, die im Rahmen des Projektes „dortMint“ für die Erstellung von Diagnosen und die Entwicklung von Unterrichtsbausteinen erstellt worden sind, gilt, dass sie für Studierende entwickelt worden sind. Diese Konzepte werden daher häufig im Rahmen des Studiums eingesetzt. Falls sie für den Unterricht

verfügbar sind, kann man diese noch nicht einfach für den schulischen Alltag übernehmen, da entsprechend erarbeitete Konzepte erst im Masterstudium der Universität Dortmund ausprobiert und dann über Lehrerfortbildungen an die Fachkollegien weitergegeben werden.

Daher wird Rahmen der vorliegenden Arbeit ein Diagnoseinstrument für die Formelsprache entwickelt, das im alltäglichen Unterricht eingesetzt werden kann und gesicherte Ergebnisse über Lernvoraussetzungen und -ausgangslagen liefern soll. Dieser Diagnosetest soll den Lehrerinnen und Lehrern eine sichere Erkenntnis über das nötige Metawissen zum Erlernen der Formelsprache seitens der Schülerinnen und Schüler liefern. Im Unterschied zu den Selbst-Diagnosetests werden hier nicht direkt auf den Unterrichtsinhalt bezogene Kenntnisse diagnostiziert, sondern Fähigkeiten im Bereich der Abstraktion, der Mathematik und der Sprache, die benötigt werden, um die Formelsprache zu lernen.

### **3.3 Schlussfolgerungen für die Entwicklung des Diagnosetests**

In den meisten vorher zitierten Studien und Untersuchungen wird direkt das chemische Verständnis über Formelsprache erhoben. Diese Erhebung wird im Allgemeinen nach der Durchführung der jeweiligen Unterrichtsreihe durchgeführt oder es werden die Vorstellungen zu dem jeweiligen Fachinhalt abgefragt. Dazu werden die Probanden direkt mittels eines schriftlichen Tests befragt und aus den gegebenen Antworten wird eine Schlussfolgerung über die konzeptionellen Vorstellungen und/oder den gewählten Lösungsalgorithmus gezogen.

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Diagnoseverfahren entwickelt und evaluiert werden, das als Hilfe für die Unterrichtsplanung dienen soll. Die mit dem Diagnoseinstrument gewonnenen Erkenntnisse sollen direkt in die Planung der jeweiligen Unterrichtssequenz einfließen können, damit diese dem individuellen Stand der Fähigkeiten bzw. Kompetenzen der diagnostizierten Schülerinnen und Schüler entspricht. Bisher recherchierte wissenschaftliche Diagnoseverfahren zeigen dagegen meist eine besondere Situation auf, die nicht immer den wirklichen Fähigkeitsstand abbildet.

Diagnostische Erhebungen werden noch selten im alltäglichen Unterricht eingesetzt, da viele Lehrkräfte meinen, der Zeitbedarf sei in Bezug auf Einsatz- und Auswertungsdauer viel zu hoch. Das hier neu entwickelte Diagnoseinstrument kann in den normalen Unterrichtsalltag integriert werden und soll bei den Lernenden als ein normaler Unterrichtsbaustein wahrgenommen werden. Inzwischen werden häufig solche Diagnosetests auch im Rahmen von Leistungsmessungen gefordert.

Im Rahmen der Diagnostik-Verfahren unterscheidet man nach Maier, Hofmann und Zeitler (2012) zwischen summativer und formativer Leistungsdiagnostik. Die summative Leistungsdiagnostik, die bisher hauptsächlich eingesetzt wird, also Tests (Klassenarbeiten o.ä.) nach einer durchgeführten Unterrichtsreihe, soll durch formative Leistungsdiagnosen, wie z.B. das hier vorgestellte Diagnose-

Instrument, ergänzt werden. Mit dieser formativen Leistungsdiagnostik sollen die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu vorgegebenen Themenstellungen überprüft werden. Diese Art der Überprüfung liefert bei Entscheidungen für Unterrichtsplanung, Fördermaßnahmen u.a. eine Basis für entsprechende Begründungen. Findet man im Rahmen einer Diagnose Defizite bei den Lernenden, so kann man den Unterricht, hier zum Thema Formelsprache, entsprechend anpassen und versuchen festgestellte Defizite auszugleichen. So kann man damit ein binnendifferenziertes Lernen ermöglichen.

Um ein dafür geeignetes Diagnoseinstrument zu entwickeln müssen mehrere Kriterien erfüllt werden. Die Vorbereitung und die Bearbeitung des Diagnosesettings im laufenden Unterricht müssen für die Probanden einfach und selbsterklärend sein. Dafür müssen die Diagnoseaufgaben laut Leisen (2011) beispielsweise nach folgenden Kriterien entwickelt werden:

Diese [Diagnoseaufgaben]:

- bringen den Lernenden zum Handeln, sie liefert damit ein auswertbares Produkt,
- ermöglichen individuelle Bearbeitungswege,
- sind kurz und leicht auszuwerten,
- lassen den Kompetenzstand und Vernetzungsgrad von Wissen erkennen,
- ermöglichen Aussagen über Lernfortschritte, Beobachtungsstrategien und -geschwindigkeit,
- liefern Aussagen über Leistungsfähigkeit, Gewissenhaftigkeit und Anstrengungsbereitschaft der Lernenden,
- motivieren Lernende innerhalb einer angstfreien Lernsituation im Gegensatz zur leistungsorientierten Prüfungssituation.

Natürlich müssen die zu konzipierenden Tests auf die jeweilige Situation und auf den jeweiligen Untersuchungshintergrund angepasst werden, damit eine zielführende Diagnose erstellt werden kann.

### **3.4 Untersuchungshypothesen für die beiden Studien**

Sieht man sich die Ergebnisse der recherchierten Literaturlage an, so kristallisieren sich zwei Problemfelder der durchzuführenden Untersuchung heraus. Zwar werden in der fachdidaktischen Forschung Probleme beim Erlernen der Formelsprache eindeutig erwähnt, aber es stellt sich heraus, dass im direkten Umfeld des Erlernens der Formelsprache fast immer nahezu die gleichen Fehler benannt werden. Zum Beispiel:

- a. Wahl von Koeffizienten und Indices,
- b. Übergang vom Makro- in den Mikrokosmos, d.h. die Umsetzung einer beobachteten chemischen Reaktion und die daraus abzuleitenden „Umgruppierungen“ von Atomen,
- c. stöchiometrische Berechnungen und auch die fehlende Anwendung von Lösungsalgorithmen.

Nach den von den Lernenden benötigten Kompetenzen und Fähigkeiten wurde in den vorliegenden Studien nicht gefragt, sondern direkt auf die Probleme des Themas „Erlernen von Formelsprache“ abgehoben. Dabei werden nicht auf die zu diagnostizierenden Begleitumstände geachtet, also jene Voraussetzungen, die für das Erlernen der Formelsprache wichtig sind.

Andererseits wird deutlich, dass die Diagnosekompetenz von Lehrerinnen und Lehrern noch nicht genug entwickelt ist und es nur wenige Hilfsmittel für den tatsächlichen unterrichtlichen Einsatz gibt. Also können die bekannten Probleme zwar benannt werden, aber deren Ursachen werden wahrscheinlich nicht oder nur unterbewusst wahrgenommen. Eine solche Nichtwahrnehmung oder nur unterbewusste Wahrnehmung führt dann eben nicht zu einer zufriedenstellenden Lösung des Problems, was sich dann in sehr individuellen Ausprägungen von Vermittlungswegen widerspiegeln kann.

Im Rahmen dieser Dissertation möchte ich folgende Forschungsfelder bearbeiten:

- In der ersten Untersuchung werden Lehrkräfte befragt:
  - Sie werden gebeten sich dazu zu äußern, ob sie für ihren Unterricht bei Schülerinnen und Schülern Abstraktions-, Sprach- und mathematische ermitteln.
  - Wenn sie ein Fähigkeitsprofil erheben, soll Auskunft darüber gegeben werden, wie dies vor sich geht.
  - Zusätzlich soll erhoben werden, wie sie die Vorgaben der Kernlehrpläne in ihren eigenen Unterrichtsreihen umsetzen.
- In der zweiten Studie soll unter Berücksichtigung der Ergebnisse der ersten Befragung
  - ein Diagnoseinstrument und ein Leistungstest zur Überprüfung des Lernerfolgs für den Bereich Formelsprache entwickelt und
  - beide Instrumente in Form von Fallstudien in der Unterrichtspraxis erprobt werden.

### 3.4.1 Untersuchungshypothesen für die Fragebogenstudie

Angenommen werden aus diesem erforschten Spannungsfeld folgende

**Hypothesen für die Fragebogenstudie:**

- 1. Lehrerinnen und Lehrer diagnostizieren die Lernvoraussetzungen bei Schülerinnen und Schülern für den Lernbereich „Formelsprache“ vor Beginn und auch während der Unterrichtsreihe nicht (bzw. kaum).**
- 2. Lehrerinnen und Lehrer nehmen kaum wahr, wie Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern beim Erlernen der Formelsprache ablaufen. Sie reagieren im Rahmen ihres Unterrichts selten auf Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler mit vorher geplanten Hilfestellungen.**

Aus diesen Hypothesen werden Forschungsfragen-Komplexe abgeleitet, die als **Forschungsfragen** definiert sind. Die Antworten dieser Fragenkomplexe werden mit Hilfe statistischer Auswertung neutral formuliert und sollen dann zur Verifikation der Hypothesen herangezogen werden.

**Forschungsfrage FB 1**

Wissen die Lehrerinnen und Lehrer etwas über Diagnostik und Diagnosekompetenz (hier allgemein) und setzen sie diese Diagnostik im Unterricht selbst ein?

**Forschungsfrage FB 2**

Sind Lehrerinnen und Lehrer Studien über die (erforschten) Schwierigkeiten beim Erlernen der Formelsprache überhaupt bekannt und werden die Studienergebnisse bei der Vermittlung berücksichtigt?

**Forschungsfrage FB 3**

Diagnostizieren Lehrerinnen und Lehrer die Lernvoraussetzungen bei Schülerinnen und Schülern für diesen sehr abstrakten Bereich Formelsprache vor Beginn und auch während der Unterrichtsreihe?

**Forschungsfrage FB 4**

Wie nehmen Lehrerinnen und Lehrer das Erlernen der Formelsprache wahr und wie passen sie die jeweilige Unterrichtssituation auf Lernschwierigkeiten an?

### 3.4.2 Hypothesen für die Untersuchung des entwickelten Diagnoseverfahrens

Es zeigt sich in der ausgewerteten Literatur, dass die Lehrkräfte zwar mittels messbarer Verhaltensänderungen oder aus Ergebnissen von Leistungstests Probleme beim Erlernen der Formelsprache ableiten. Dazu stellen sie im Allgemeinen sogenannte ad hoc Diagnosen. Mit dem hier entwickelten Verfahren sollen sie befähigt werden, relativ einfach einen Eindruck über die benötigten Metafähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu erhalten.

- 1. Das vorgestellte Verfahren zeigt die Abstraktionsfähigkeit, die mathematischen Fähigkeiten sowie die sprachlichen Fähigkeiten bei Lernenden auf, die benötigt werden, um Formelsprache zu erlernen.**
- 2. Die beteiligten Lehrkräfte sind noch nicht in der Lage ein solches Instrument einzusetzen und die diagnostischen Ergebnisse zu deuten sowie für ihre Unterrichtsarbeit zu verwenden.**

Aus diesen Hypothesen werden Forschungsfragen abgeleitet, die Antworten dieser Fragen werden mit Hilfe der statistischen Auswertung der Untersuchung neutral formuliert und für die Verifikation herangezogen.

**Forschungsfrage D 1**

Gibt es Unterschiede bei den unterrichtlichen Ergebnissen zwischen der diagnostizierten Lerngruppe sowie der Referenzgruppe und zeigt das eingesetzte Instrument die gewünschte Wirkung?

**Forschungsfrage D 2**

Sind Lehrerinnen und Lehrer in der Lage, auf Grund diagnostischer Ergebnisse über die Fähigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler ihren Unterricht und ihre Unterrichtskonzepte auf ebendiese anzupassen?

**Forschungsfrage D 3**

Gibt es auf Grund der verschiedenen Unterrichtswege Unterschiede beim Erlernen der Formelsprache?

## 4 Konzeption, Methodik und Auswertung der Fragebogenstudie

### 4.1 Zielsetzung der Fragebogenstudie

Formelsprache wird von vielen Lehrerinnen und Lehrern als ein zentraler Baustein des Chemieunterrichts angesehen [siehe dazu u.a. Musli (2008), Bernholt (2012)]. Gleichzeitig bemerken sie aber häufig, dass das Erlernen der Formelsprache den Schülerinnen und Schülern starke Schwierigkeiten bereitet, was beispielsweise Schmidt (1990) und Barke (1982) schon in ihren Untersuchungen festgestellt haben.

Diese Studie verfolgt folgende Ziele:

- Es soll das Wissen der Lehrkräfte über die Abstraktionsfähigkeit, die sprachlichen und die mathematischen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern erfasst werden.
- Es sollen Erkenntnisse gewonnen werden, wie Lehrkräfte diese Metafähigkeiten von Schülerinnen und Schülern ermitteln und ob sie dafür ggf. Diagnostik einsetzen.
- Zusätzlich wird erfragt, wie die Lehrkräfte ggf. diese Diagnosen in ihren Unterricht einbetten und welche Arten von Hilfsmitteln sie dabei einsetzen.
- Zudem soll ermittelt werden, welche individuellen Unterrichtsreihen zum Thema Formelsprache geplant und durchgeführt sowie welche Hilfsmittel dafür verwendet werden?
- Des Weiteren soll erfasst werden, ob die Lehrerinnen und Lehrer überhaupt über die Probleme ihrer Schülerinnen und Schüler beim Erlernen der Formelsprache erkennen.

An dieser Fragebogenstudie sollen möglichst vielen Lehrerinnen und Lehrern aller Schultypen teilnehmen, um einen möglichst großen informellen Querschnitt über die individuellen Kenntnisse zu erhalten.

Die erhobenen Ergebnisse der Studie fließen in die Entwicklung des Diagnoseinstruments ein, das den Lehrkräften ermöglicht, sich schnell einen Überblick über die Abstraktions- sowie mathematischen und sprachlichen Metafähigkeiten von Lernenden zu verschaffen (siehe Kapitel 5).

#### 4.1.1 Entwicklung und Aufbau des Fragebogens

Da der Themenbereich Formelsprache schon in vielen Befragungen untersucht worden ist, bei denen gezielt nach den Fehlvorstellungen und Strategiefehlern, wie beispielsweise Verwechslung von Koeffizienten und Indices oder fehlerhafte stöchiometrischen Berechnungen gefragt, worden ist, soll der Kenntnisstand über die Metafähigkeiten und die Ermittlung dieser erhoben werden. Die Erstellung des Fragebogens erfolgt unter Einbeziehung der aktuellen wissenschaftlichen Ergebnisse zum Thema Diagnostik und Formelsprache (s. Kapitel 2 und 3). Zu Beginn sind im Rahmen eines Brainstormings alle möglichen Fragen zum Thema Diagnostik in Bezug auf die zu ermittelnden Metafähigkeiten gesammelt und dann in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht worden. Anschließend sind verschiedene Fragetypen

entwickelt worden, die in einer kleinen Testgruppe von fünf Lehrkräften ausprobiert worden sind, um den maximalen Informationsgehalt einer Antwort auf eine Frage zu ermitteln. Dabei zeigte sich, dass eine Mischung aus geschlossenen und offenen Fragestellungen am besten geeignet ist, um den optimalen Informationsgehalt bei den Antworten zu erhalten. Danach ist der Fragebogen unter Zuhilfenahme von Methodenliteratur des Instituts für Pädagogik der Universität Oldenburg (2009) und von Aschemann-Pilshofer (2001) für die Pilotphase fertiggestellt worden.

Um möglichst differenzierte Informationen über das komplexe Gebiet Formelsprache im Zusammenhang mit Diagnostik zu erlangen, ist der Fragebogen mehrdimensional aufgebaut worden. Es werden zuerst Antworten mit einer Likert-Skala (Rost, 1996) vorgegeben, um eine quantitative Einschätzung zu erhalten und anschließend werden die individuellen Bereiche im Rahmen von Freitextantworten dargestellt.

Im ersten Abschnitt des Fragebogens wird allgemein zur Unterrichtsdiagnostik gefragt, im zweiten Abschnitt wird das Wissen der Lehrpersonen zu den drei Inhaltsschwerpunkten Abstraktion, mathematische und sprachliche Kompetenzen erhoben. Anschließend soll kurz eine mögliche Unterrichtsreihe zum Thema Formelsprache dargestellt werden, um zu ermitteln wie und mit welchen medialen Hilfsmitteln das Thema unterrichtet wird. Zusätzlich ist auch erfragt worden, ob vor und während der Unterrichtsreihe Diagnostik betrieben wird, um herauszufiltern, ob eine -für Lernende entsprechende Anpassung des Unterrichts hergestellt worden ist. Der letzte Teil des Fragebogens soll über mögliche Erfahrungen und Erkenntnisse zu Fehlvorstellungen und Strategiefehlern Auskunft geben. Abschließend werden die statistischen Daten betreffend der ausfüllenden Lehrkraft erhoben, die hier um die Dimensionen „Ausbildung“ und „Schulform“, erweitert worden sind. Zum Schluss ist der Fragebogen mit Hilfe geeigneter Software für eine Online-Abfrage konzipiert worden („Questor Pro“, Firma Blubbsoft, Fragebogen s. Anhang I.1).

#### 4.1.2 Pilotierung des Fragebogens

Dieser Fragebogen ist im Schuljahr 2010/2011 pilotiert worden. Dazu sollten 15 Lehrerinnen und Lehrer einer Gesamtschule online auf den Fragebogen zugreifen und diesen bearbeiten. Damit sollte das Frageformat getestet werden. Dankenswerterweise wurden neben den Antworten auch Kommentare zum Verständnis der Fragen abgegeben, so dass hier eine nochmalige Schärfung der Fragestellung erfolgen konnte.

Führt man mit diesen Antworten eine *Reliabilitätsanalyse* für sehr kleine Stichproben mit dem „Split-in-Half“-Test durch, so ergibt sich für den Testwert  $T_1$  ein Cronbach Alpha von 0,564 für 3 Items und den Testwert  $T_2$  ein Cronbach Alpha von 0,906 für 2 Items. Hier lassen sich nur die skalierten Fragen überprüfen, die Freitextantworten nicht. Die *Validität* lässt sich nur qualitativ abschätzen. Sie erfüllt das Kriterium der *inhaltlich-logischen Validität* (Wutke, 2008) im Vergleich zu mit schon

durchgeführten Befragungen, bei denen ähnliche Fragebögen zu diesem Themenkomplex entwickelt worden sind [vgl. Harsch, Heimann, & Kipker (2003), Musli (2008)].

#### 4.1.3 Durchführung und Auswertemethoden

Der Fragebogen ist mit Hilfe des Verbandes der Chemischen Industrie an alle Schulen des Landes Nordrhein Westfalen im Schuljahr 2011/2012 versendet worden, da von diesem Verband alle Lehrkräfte regelmäßig zu Lehrerfortbildungen eingeladen werden und auch alle Schulen in diesem Postverteiler vorhanden sind.

Zu Beginn der Auswertung wird der Umfang der Stichprobe vorgestellt und die Antworten werden deskriptiv statistisch beschrieben. Die Stichprobe soll nach gymnasiale Mittelstufe (Gymnasium) und Sekundarstufen I geführten Schulformen (Hauptschule, Realschule und Gesamtschule) unterschieden werden. Die Unterscheidung kann einerseits auf Grund der Lehrplananalyse vorgenommen werden, da daraus abzulesen ist, dass sich die Kernlehrpläne für die Hauptschule (HS), Realschule (RS) und Gesamtschule (GE) nur marginal unterscheiden und dass der Kernlehrplan im Gymnasium (GY) etwas anders strukturiert ist. Andererseits kann die Anzahl der Antworten so ausfallen, dass man bei einer Zweiteilung für interferenzstatistische Berechnungen noch eine hinreichend große Probandenzahl erhält. Aus Freitextantworten werden dann mit Hilfe der zusammenfassenden Inhaltsanalyse induktiv Kategorien abgeleitet (Mayring, 2008); die einzelnen Nennungen und die daraus abgeleiteten Kategorien werden bei der Auswertung der jeweiligen Frage in einer Tabelle dargestellt. Beispielsweise ist die Kategorie „Beobachtung“ mit den Nennungen wie „Unterrichtsbeobachtungen“, „Beobachtungen aus dem Unterricht“ oder „Beobachtungen im Rahmen von Aufgaben“ gebildet worden. Diese Kategorien werden dann dem einzelnen Fragebogen wieder zugeordnet und als dichotome Variable genutzt, um, falls möglich, eine Auswertung mit Hilfe der Interferenzstatistik durchzuführen. Im Rahmen der Auswertung wird sich auf die kategorisierten Antworten der Lehrkräfte bezogen und nicht auf Anzahl der Lehrkräfte. Die absoluten Anzahlen sind dann in Prozentwerte umgerechnet worden. Da alle Antworten den Fragebögen zugeordnet werden kann man eine Fallunterscheidung nach Schulform GY und HS; RS GE treffen, da diese bei der Befragung angegeben werden mussten. Die interferenzstatistische Untersuchung auf Signifikanz der Aussagen erfolgt mit Hilfe des *Chi-Quadrat-Tests* (Bortz, 2005). Eine Antwort gilt als signifikant, wenn der **p-Wert kleiner als 0,05** ist. Eine vergleichende Auswertung der Antworten der Lehrkräfte für Fragen mit ordinal skalierten Variablen (Likert-Skala) erfolgte mittels des statistischen *Mann-Whitney-Tests (U-Test)* (Bortz, 2005). Ein signifikanter Unterschied liegt bei diesem Test vor, wenn die **Prüfgröße p(U)** bei einem vorgegebenen Signifikanzniveau **kleiner als 0,05** ist (siehe Tabelle 80, S.153/154).

Zusätzlich sollen Beziehungen einiger Fragen untereinander über Kreuztabellen untersucht werden, um mögliche Verbindungen von Antworten herauszufiltern und zu erkennen.

Alle diese Berechnungen sind mit der Statistiksoftware SPSS Versionen 20-22, (Brosius, 2012) durchgeführt worden.

## 4.2 Auswertung der Befragung der Lehrkräfte

### 4.2.1 Beschreibung der Stichprobe

Die Gesamtstichprobe umfasst eine Befragung von 135 Probandinnen und Probanden mit gültigen Antworten. Für die Auswertung sind die Probandinnen und Probanden der Schulform „Berufskolleg“ nicht berücksichtigt worden, da hier ein anderer Lehrplan zu Grunde liegt und somit nicht vergleichbar mit den Lehrplänen der anderen Schulformen ist. Die in die Auswertung genommene Stichprobe umfasst insgesamt 127 Probandinnen und Probanden. Um eine differenzierte Auswertung in Bezug auf die beiden Schulformen zu erlangen, ist bei der Analyse nach Schulform Sekundarstufe I (Hauptschule, Realschule, Gesamtschule) und Schulform Sekundarstufe II (Gymnasium) unterschieden worden. Da 86 Lehrerinnen und Lehrer vom Gymnasium und 41 von Haupt-, Real- und Gesamtschule geantwortet haben ist die Differenzierung in zwei Gruppen nach Gymnasium sowie Haupt-, Real- und Gesamtschule vorgenommen worden. Aus nachstehender Abbildung 5 wird ersichtlich, dass etwas mehr weibliche als männliche Lehrkräfte teilgenommen haben, im Gymnasium liegen allerdings fast gleich verteilte Anzahlen an männlichen und weiblichen Lehrkräften vor.

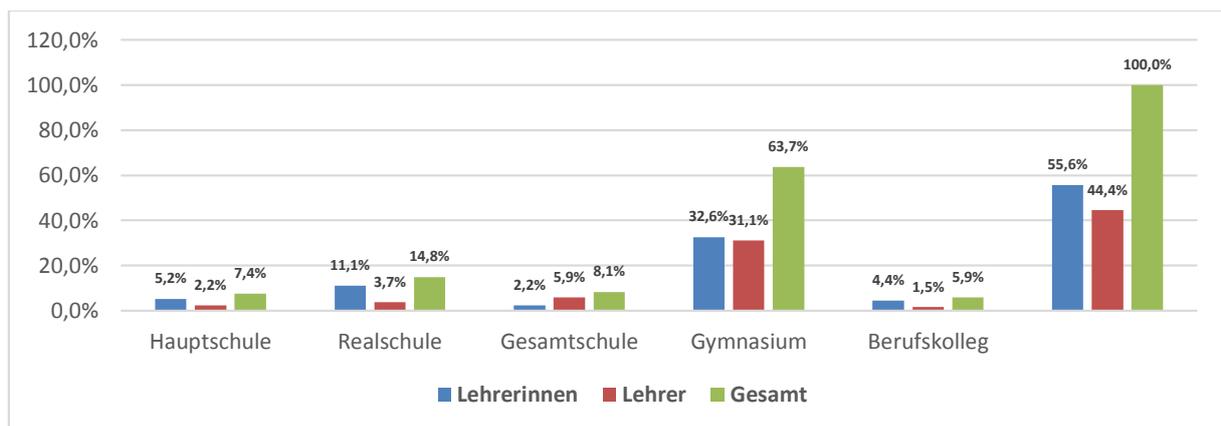


Abbildung 5: Geschlechtsverteilung innerhalb der jeweiligen Schultypen bezogen auf die Gesamtstichprobe (Gesamt)

Sieht man sich die Geschlechts- und Altersverteilung in den betrachtenden Schulformen an, so kann man erkennen, dass im Gymnasium die Probanden nahezu homogen über alle Altersgruppen verteilt sind und die Geschlechtsverteilung relativ paritätisch ist. In den befragten Schulen derjenigen Schulformen, in denen ausschließlich NW-Unterricht in der Sekundarstufe I erteilt wird, ist die Alters- und Geschlechtsverteilung etwas verschoben: Hier unterrichten mehr Lehrerinnen in allen Altersgruppen (Abbildungen 6 und 7).

Auffallend ist, dass in beiden Fällen in der untersuchten Schulstufe (Sek-I) überwiegend junge weibliche Lehrkräfte unterrichten. Es zeigt sich hier der allgemeine Trend, dass auch in den sogenannten MINT-Fächern mehr Lehrerinnen in den Kollegien anzutreffen sind.

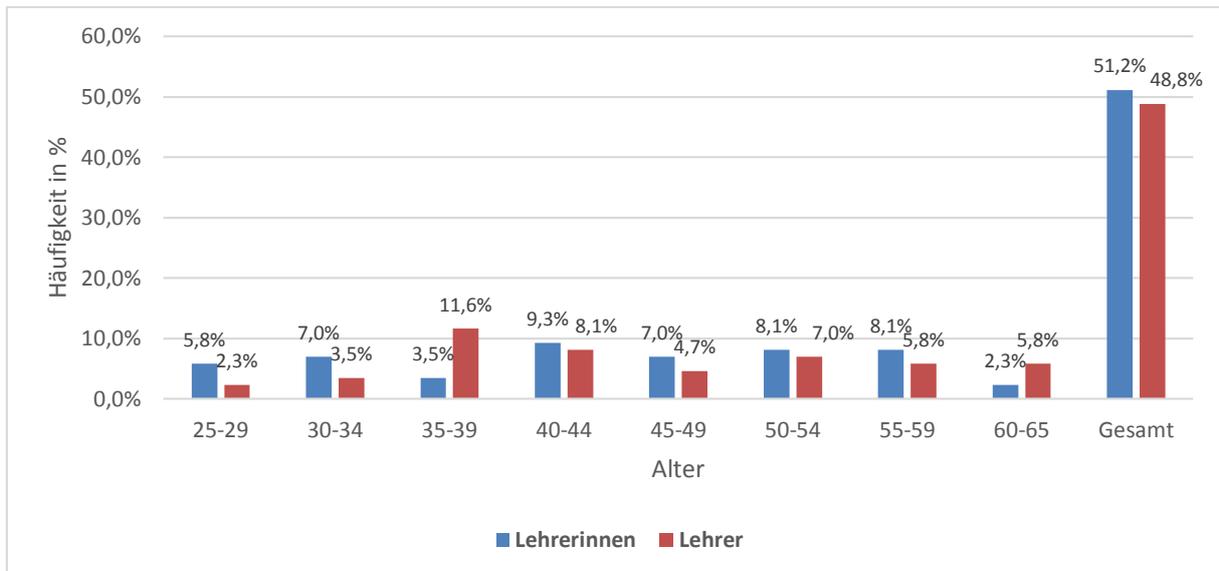


Abbildung 6: Geschlechts und Altersverteilung der befragten Lehrkräfte (GY)

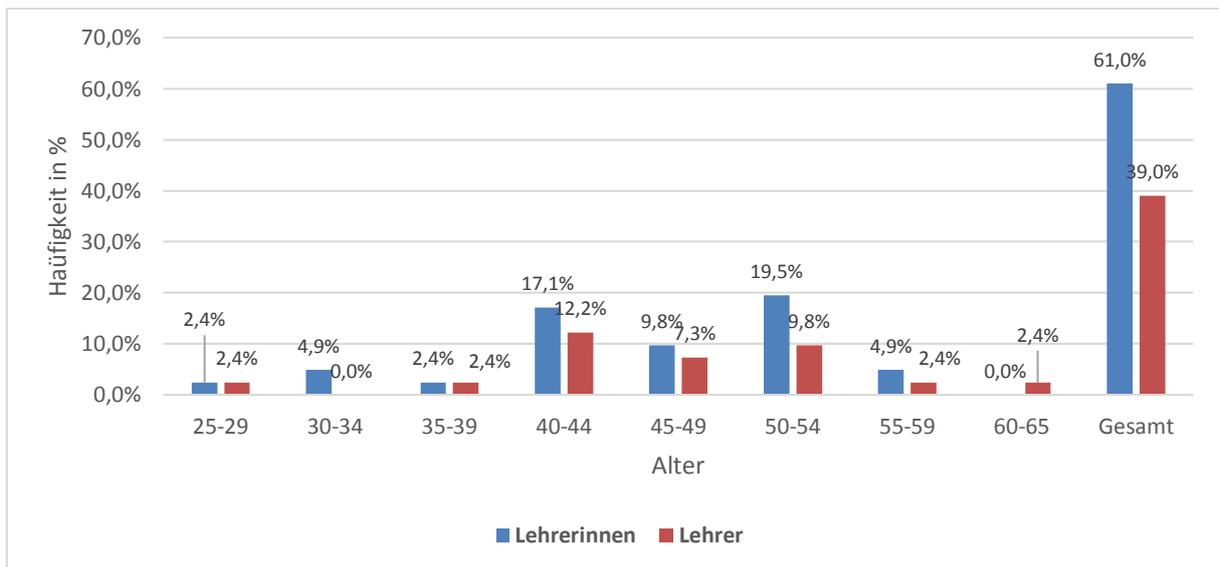


Abbildung 7: Geschlechts- und Altersverteilung der befragten Lehrkräfte (HS, RS, GE)

Vergleicht man die Anstellungsverhältnisse mit den Studienabschlüssen, so zeigt sich, dass an Gymnasien im Allgemeinen Lehrkräfte mit entsprechendem fachspezifischen Studienabschluss eingestellt werden; entsprechend weniger Lehrkräfte unterrichten als Seiteneinsteiger. Es zeigt sich, dass mit steigendem fachlichen Anforderungsprofil auch die Ausbildungsstufe der Lehrkräfte steigt, der höhere Dienst ist in den Sekundarstufen I-Schulen nur an den Gesamtschulen möglich, so dass hier

dann ebenfalls die Qualifikation „Gymnasium und Gesamtschule“ als Nennung zu finden ist. Diplomierte und promovierte Lehrkräfte sind gemäß der Auswertung mehrheitlich an Gymnasien beschäftigt (s. Abbildung 8).

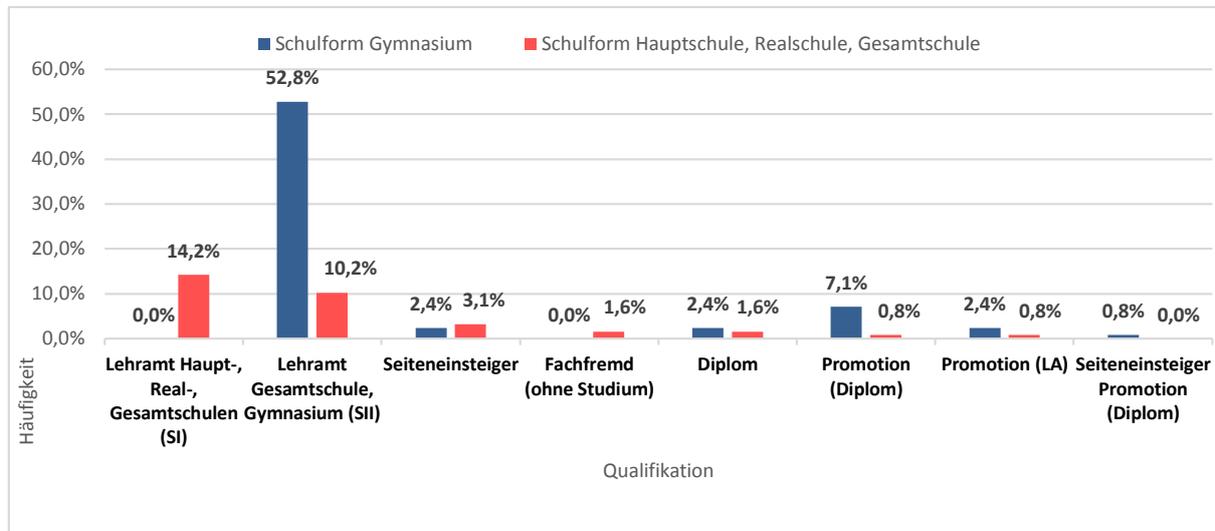
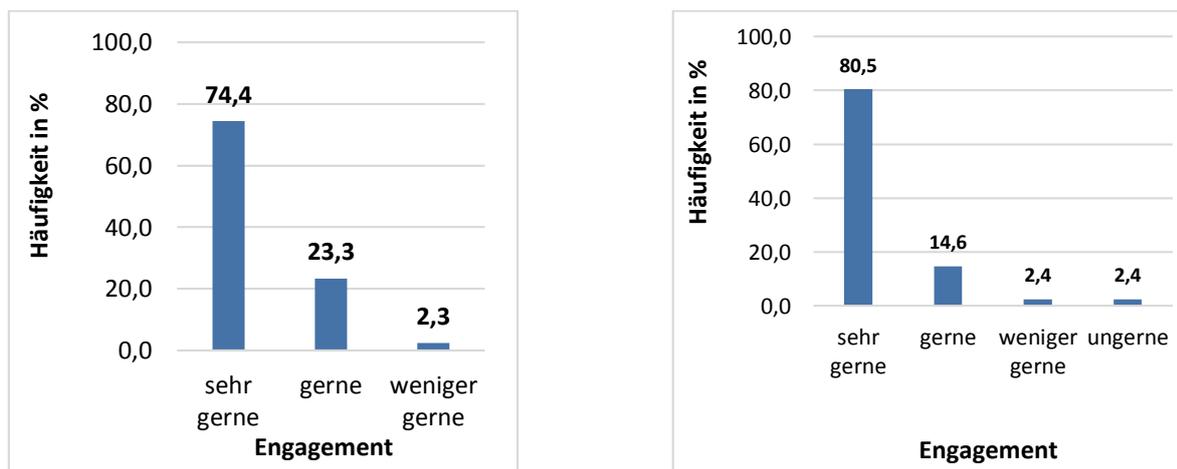


Abbildung 8: Studienabschlüsse der befragten Lehrkräfte und Verteilung auf die Schulformen

Betrachtet man noch das Engagement der beteiligten Lehrerinnen und Lehrer für den Chemieunterricht, so zeigt sich, dass Lehrpersonen beider Gruppen das Fach überwiegend sehr gerne und gerne unterrichten (s. Abbildung 9).



GY

HS, RS, GE

Abbildung 9: Berufliches Engagement der Lehrkräfte an den untersuchten Schultypen (Angaben in %)

## 4.2.2 Bekanntheit und Verwendung von Diagnoseinstrumenten

Zur Beantwortung **der ersten Forschungsfrage** (s. S. 40: Forschungsfrage FB 1 und Anhang I.1) wurden die Fragen 1, 3 und 7 sowie 8 betrachtet.

- 1 *Ist Ihnen die gegenwärtige Diskussion in der Didaktik über Diagnostik von Lernvoraussetzungen und Lernschwierigkeiten zum Thema Formelsprache bekannt? Wenn Ihnen nichts bekannt ist, dann weiter mit Frage 4.* (skalierte Frage)
- 3 *Welche Diagnoseverfahren setzen Sie im Unterricht ein?* (Auswahlfrage mit Mehrfachantwort)
- 7 *Woran erkennen Sie in Ihren Lerngruppen die Lernvoraussetzungen für Ihren zu planenden Unterricht zum Thema Formelsprache?* (offene Frage)
- 8 *Wie untersuchen Sie im Rahmen der Unterrichtsvorbereitung zum Thema Formelsprache die Lernvoraussetzungen der Lerngruppe?* (offene Frage)

Zuerst ist überhaupt zu klären, wie gut informiert Lehrkräfte über die Entwicklungen im Bereich der Diagnostik von Lernprozessen sind. Abbildung 10 zeigt den Bekanntheitsgrad der Diskussion über Diagnostik an Gymnasien und Abbildung 11 an den übrigen Schulformen. Es stellt sich heraus, wie weit Ideen der Fachdidaktik bei den einzelnen Lehrkräften überhaupt wahrgenommen und im Unterrichtsalltag eingesetzt werden.

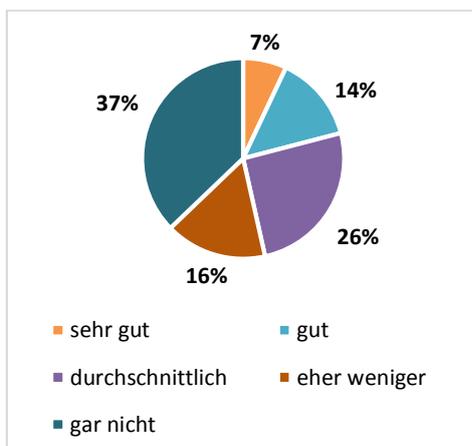


Abbildung 10: Bekanntheitsgrad der Diskussion über Diagnostik (GY)

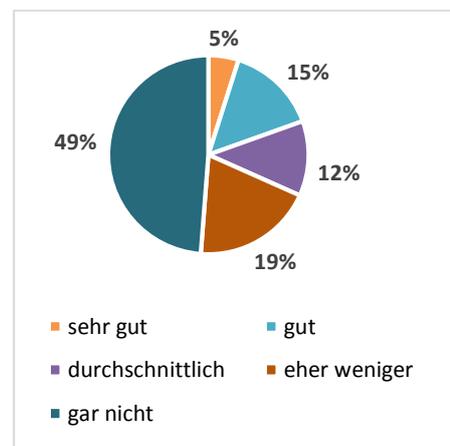


Abbildung 11: Bekanntheitsgrad der Diskussion über Diagnostik (HS, RE, GE)

Als Ergebnis ist festzustellen, dass in allen befragten Schulen aller Schultypen die Diskussion über Diagnostik noch nicht richtig angekommen ist, am Gymnasium wissen 37 % der befragten Lehrkräfte über die Diskussion zur Diagnostik nicht Bescheid, an Hauptschule, Realschule und Gesamtschule sind es sogar 49 % aller Lehrkräfte. Da der Bekanntheitsgrad der Diagnostik relativ gering ist, sind für die Entwicklung von Materialien zur Unterstützung und Anwendung geeigneter Methoden Möglichkeiten gegeben und zu nutzen. Sieht man sich die Signifikanz der Befragung an, so zeigt sich, dass die gemachten Aussagen über den Bekanntheitsgrad von Diagnostik für beide Gruppen nicht signifikant

unterschiedlich sind (s. Tabelle 6, blaue Markierung, mathematisches Verfahren s. S. 153/154, Tabelle 80).

**Tabelle 6: Mann-Whitney-Test (U-Test): Vergleich des Bekanntheitsgrades der Unterrichtsdiagnostik**

		Ränge		
		H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Frage 1 Bekanntheitsgrad Diagnostik)	Gymnasium	86	61,26	5268,00
	Hauptschule, Realschule, Gesamtschule	41	69,76	2860,00
	Gesamtsumme	127		

Teststatistiken*	
	Frage 1 (Bekanntheitsgrad Diagnostik):
Mann-Whitney-U-Test	1527,000
Wilcoxon-W	5268,000
U	-1,273
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,203

\*. Gruppierungsvariable: Schultyp

Fragt man nach den verwendeten Diagnoseverfahren (Frage 3) so zeigt sich, dass nur ungefähr ein Drittel der Lehrkräften überhaupt Untersuchungen anstellen, um sich ein Bild über die Fähigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler zu machen. Untersucht man diese Aussagen mit dem *H-Test* zu zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Schulformen. 27,7 % der Gymnasiallehrkräfte und 35 % der Haupt-, Real und Gesamtschullehrkräfte untersuchen nichts ( $\chi^2 = 0,381$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,537$ ). 24,8 % der Gymnasiallehrerinnen und -lehrer setzen Beobachtungen ein, in den anderen Schulformen nutzen 33,3 % dieses Instrument ( $\chi^2 = 0,057$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,811$ ). Befragungen sind für 20,6 % der Gymnasiallehrkräfte und für 18,3 % der anderen von Bedeutung ( $\chi^2 = 0,606$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,436$ ). Selbstdiagnostetests spielen zu 14,2 % und 11,7 % eine Rolle ( $\chi^2 = 0,629$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,428$ ). Es zeigt sich, dass nur im Gymnasium fachdidaktische Tests überhaupt zu 2,8 % erwähnt werden ( $\chi^2 = 1,953$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,162$ ). Andere Untersuchungsverfahren werden im Gymnasium zu 6,4 % und in den weiteren Schulformen mit 1,7 % benannt ( $\chi^2 = 2,446$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,118$ , s. Abbildung 12 und 13).

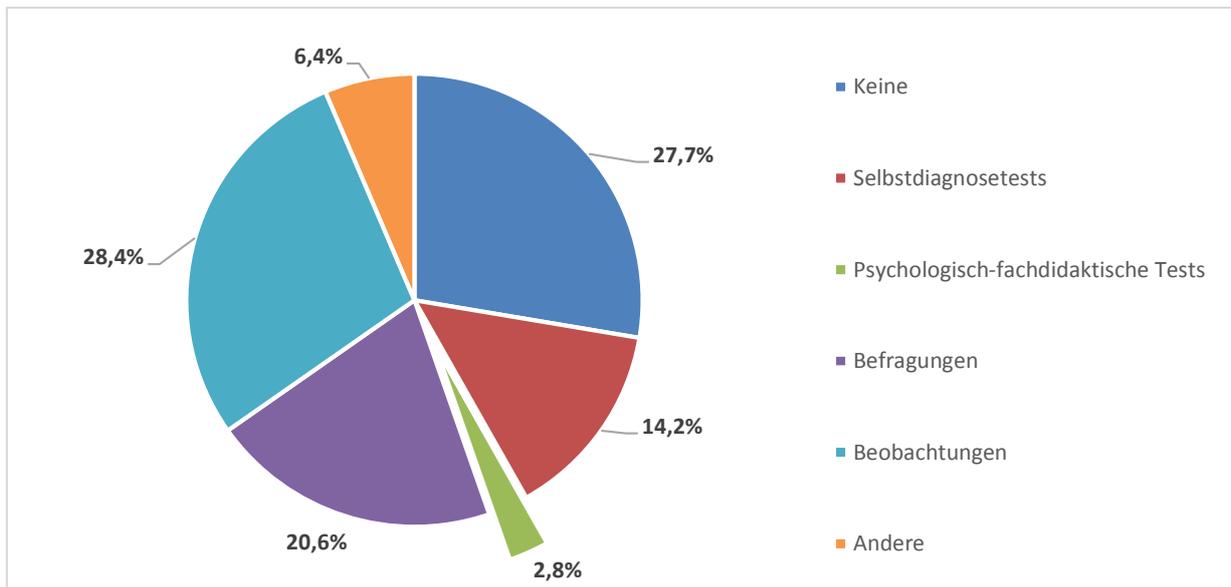


Abbildung 12: Verwendung von Untersuchungsmethoden (GY)

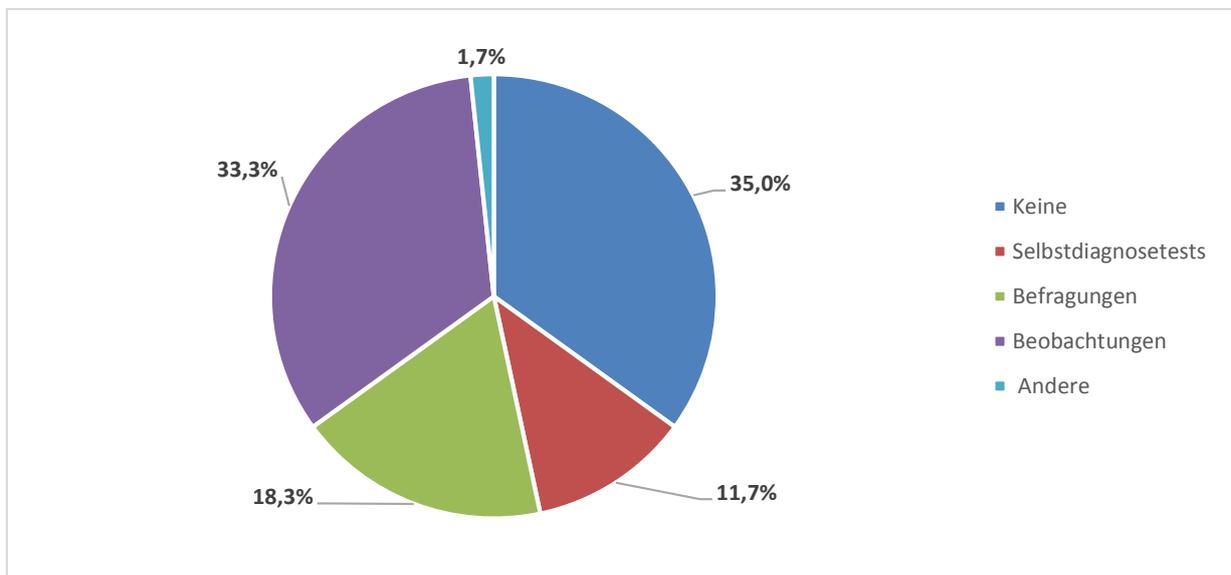


Abbildung 13: Verwendung von Untersuchungsmethoden (HS, RS, GE)

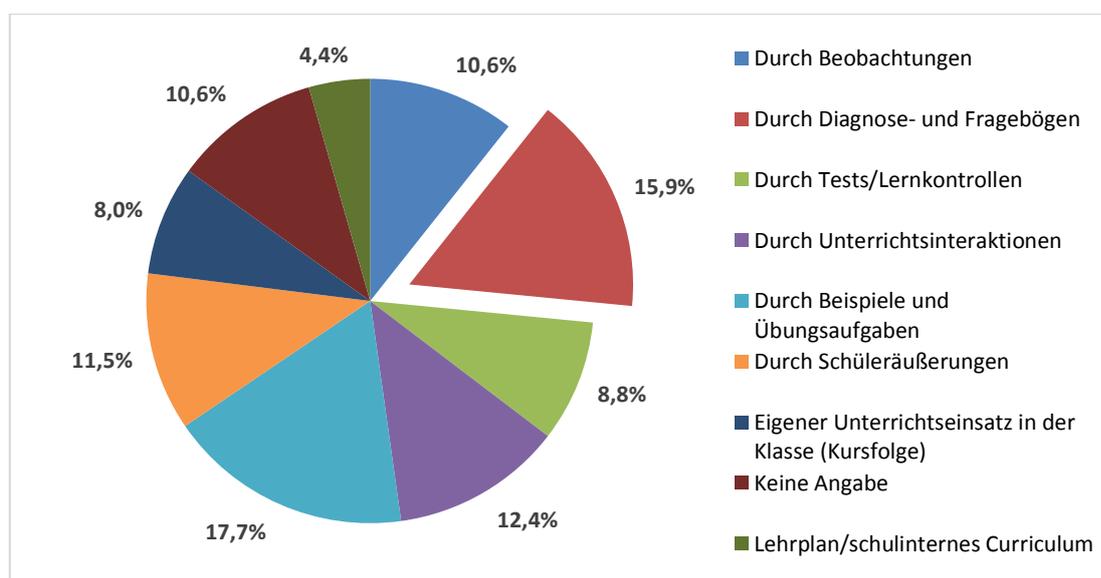
Um eine Beziehung zwischen Kenntnis, Bekanntheit und Anwendung von Diagnoseverfahren herzustellen, wurden aus den Nennungen in 7 und 8 Kategorien (s. Tabelle 7 und 8) gebildet, die einer Häufigkeitsuntersuchung unterzogen wurden. Diese wurde mittels *Chi*<sup>2</sup>-Test auf Signifikanz geprüft. Alle Berechnungen beziehen sich auf Anzahl der gegebenen **Antworten**.

**Tabelle 7: Auswahl der Problemfeldnennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 7)**

Nennung	abgeleitete Kategorie
Beobachtungen; Beobachtungen im laufenden Unterricht; durch B. im Plenum und in Einzel-/Partnerarbeiten ; Unsicherheit beim Umgang mit anderen abstrakten Themen; Beobachtungen im Rahmen von Aufgaben;...	Durch Beobachtungen
Eingangstests; anonyme Vorwissenstests; schriftliche Wiederholung von bisherigem Wissen bei dem ich Defizite ggf. aufdecke; Concept Map im Vorfeld mit bekannten Begriffen; Vorabfrage; Vorab Diagnose „das weiß Ich schon“; kleiner anonymen Eingangstest; Erfragen; vorbereitende Übungsaufgaben; Abfrage von Vorwissen; Eingangsdiagnose; Selbsttest; Gedächtnistest; Selbstdiagnosebögen für SuS; durch Übungen mit Selbstreflektionsbögen; Brainstorming; Durchführung einer anonymen, unbewerteten Lernstandserhebung in einer Klasse / in einem Kurs zu genau diesem Thema.; Selbsteinschätzung;...	Durch Diagnose- und Fragebögen
Befragungen; Hausaufgaben; schriftl. Übungen; Übungsaufgaben; mdl. und schr. Lernzielkontrollen; Lernstandskontrollen Diagnostest; Schulleistungstest zu Themen...; Zwischenkontrolle; Tests; ...	Durch Tests/Lernkontrollen
Wird im U. deutlich (an Hand vers. Aufgaben); eigener Unterricht; lauf des Unterrichts; Unterrichtsgespräche; Fortschritt des Unterrichts; Unterrichtsverlauf; Wiederholung; probieren und dann studieren; ...	Durch Unterrichtsinteraktionen
Beim Umgang mit dem Daltonschen Atommodell und seine Anwendung...; anhand von interessanten Beispielen; Kugel-Teilchenmodell; Nutzung eines Teilchenmodells; einführende Aufgabenstellungen;...	Durch Beispiele und Übungsaufgaben
Umgang mit Fachbegriffen; Fragen aus der Lerngruppe; individuelles . Gespräch; Beiträge im U.; Kenntnisse und Inhalte werden von SuS beschrieben; Rückmeldungen der SuS; An Schüler und Schülerinnen-Texten; das Interesse an FS ist vorhanden; es wird nachgefragt; ...	Durch Schüleräußerungen
Stundenplan; vorheriger Chemieunterricht; Einsatz in der gleichen Jahrgangsstufe; einzige Chemie-Lehrkraft; Erfahrung; Absprache; seit Beginn (vom Anfangsunterricht Weg); Lebenserfahrung; Kenntnis der LG; ich weiß ....; bringen SuS keine Vorkenntnisse mit; setze wenig voraus; führe Lerngruppe von 7-10; Erstkontakt über mich; fange bei Null an; Datum im Kalender	Eigener Unterrichtseinsatz in der Klasse (Kursfolge)
Lehrplan; Fachkonferenz Beschlüsse; Absprache Fachschaft; Ich formuliere das mal so: Eine Notwendigkeit dies zu lernen sehen unsere Schülerinnen und Die Lernvoraussetzungen ergeben sich im Rahmen der Kompetenzorientierung.	Lehrplan/schulinternes Curriculum
Beobachtungen; Beobachtungen im laufenden Unterricht; durch B. im Plenum und in Einzel-/Partnerarbeiten ; Unsicherheit beim Umgang mit anderen abstrakten Themen; Beobachtungen im Rahmen von Aufgaben;...	Keine Angabe

**Tabelle 8: Auswahl der Problemfeldnennung (unverändert übernommen) mit der daraus abgeleiteten Kategorie (Frage 8)**

Nennung	abgeleitete Kategorie
Beobachtungen; Beobachtungen aus dem Unterricht; Bei der Vorbereitung setze ich mittleres Lernniveau voraus und beobachte die individuellen Fortschritte; lediglich beobachtend; ...	Durch Beobachtungen
Vortest; Selbstevaluation; Ü-Material mit Selbstkontrolle;...	Durch Diagnose- und Fragebögen
Eingangstest; Test; mündliche Abfrage; Wiederholungen; als wöchentliche Vokabelarbeit; Beispielaufgaben mit Lückentexten; Lernerfolgskontrolle; Vorabfrage; Erfragen ob Ausdrücke oder Formeln bekannt; Formeltest; Hausaufgabenkontrolle; Wissenstest; gezielte Übungen und Arbeitsblätter; Transferaufgaben ; schriftl. Überprüfung; Lernstandserhebung; Schriftl. Aufgaben; Klausuren	Durch Tests/Lernkontrollen
Unterrichtsgespräch; Anwendung Sachinhalte; immer erst während des U. und dann auf Probleme eingehen; fragend entwickelnd; Gespräche im Unterricht; Versuche; Erfahrungen aus dem U.; Anwendung der Sachinhalte durch SuS; ...	Durch Unterrichtsinteraktionen
Aufgreifen von SuS genannten Formeln; Austausch von SuS; Kommunikation über Übungsbeispiele; SuS bestimmen den Abstraktionsgrad; SuS sollen in eigenen. Worten...;...	Durch Schüleräußerungen
Wiederholung...; Inhalte die schon behandelt; Überprüfe; wie intensive LG schon mit Modellen gearbeitet hat; vorangegangene Reihen; vor. Unterrichtseinheiten; -stunden; kaum Vorwissen und baue U. dementspr. auf; Da ich die LG schon von der 6. Bis zur 10....;...	Eigener Unterrichtseinsatz in der Klasse (Kursfolge)
Vorgaben der Lehrpläne; In der Fachkonferenz werden gemeinsam die Lehrpläne erarbeitet und über gemeinsame Ziele gesprochen; Absprachen in der Fachschaft - zu Beginn werden alle Lerngruppen gleich eingestuft	Lehrplan/schulinternes Curriculum
Gar nicht; s.o.; siehe Frage ....; Ich mache keine besondere Analyse der Lernvoraussetzungen	Keine Angabe



**Abbildung 14: Erkennen von Lernvoraussetzungen (GY) (Frage 7)**

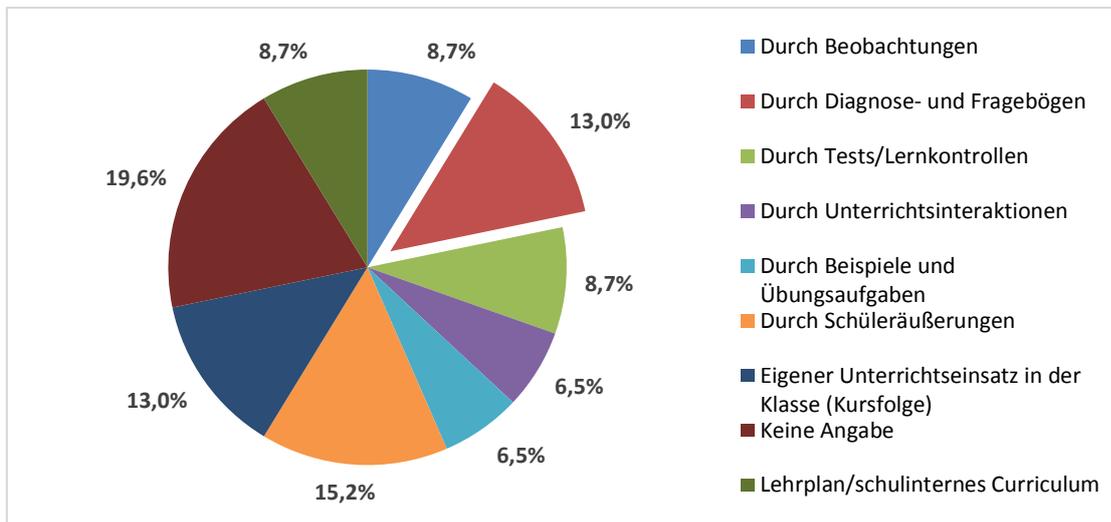


Abbildung 15: Erkennen von Lernvoraussetzungen (HS, RS, GE) (Frage 7)

Auf Abbildung 14 und 15 ist als Ergebnis abzulesen, dass für 15,9 % aller Lehrkräfte des Gymnasiums und 13 % aller Lehrkräfte der anderen Schultypen Diagnostik für die Erkenntnisbildung über Lernvoraussetzungen ein wesentlicher Bestandteil ist ( $\chi^2 = 0,718$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,397$ ). Es werden Kreuztabellen zwischen Frage 1 und Frage 7 für jede Schulform erstellt, um herauszufinden ob trotz unterschiedlichem Bekanntheitsgrad von Diagnostik auch Diagnoseverfahren eingesetzt werden. Aus den Kreuztabellen ist abzulesen, dass selbst Lehrkräften Diagnostik zur Erkennung von Lernvoraussetzungen bekannt ist, obwohl sie angeben, dass ihnen die fachdidaktische Diskussion kaum oder gar nicht präsent ist. Hier wird bewusst nur die Kategorie „Durch Diagnose- und Fragebögen“ angegeben, da diese Kenntnisse der Lehrerinnen und Lehrer im Mittelpunkt stehen (s. Tabelle 9 und 10).

Tabelle 9: Erkennen von Lernvoraussetzungen (GY)

Gymnasium (GY)			Frage 1 (Bekanntheit Diagnostik)					Gesamtsumme
			sehr gut	gut	durchschnittlich	eher weniger	gar nicht	
Frage 7 (erkennen Lernvoraussetzungen)	Durch Diagnose- und Fragebögen	Anzahl	3	4	6	2	3	18
		% des Gesamtergebnisses	2,7 %	3,5 %	5,3 %	1,8 %	2,7 %	15,9 %
	Gesamtsumme	Anzahl	9	15	37	15	37	113
		% des Gesamtergebnisses	8,0 %	13,3 %	32,7 %	13,3 %	32,7 %	100,0 %

Werte bezogen auf Anzahl der Antworten

**Tabelle 10: Erkennen von Lernvoraussetzungen (HS, RS, GE)**

HS, RS, GE			Frage 1 (Bekanntheit Diagnostik):					Gesamtsumme
			sehr gut	gut	durchschnittlich	eher weniger	gar nicht	
Frage 7 (erkennen Lernvoraussetzungen)	Durch Diagnose- und Fragebögen	Anzahl	1	1	1	0	3	6
		% des Gesamtergebnisses	2,2 %	2,2 %	2,2 %	0,0 %	6,5 %	13,0 %
	Gesamtsumme	Anzahl	5	5	5	21		46
		% des Gesamtergebnisses	10,9 %	10,9 %	10,9 %	21,7 %	45,7 %	100,0 %

Werte bezogen auf Anzahl der Antworten

Es zeigt sich, dass der Einsatz diagnostischer Verfahren durchaus eine Rolle spielt, wenn es um das Erkennen von Lernvoraussetzungen geht. Als Rückschluss dieser Erhebung ist zu folgern, dass das Bewusstsein der Lehrerinnen und Lehrer über Diagnoseinstrumente als Erkenntnisquelle vorhanden zu sein scheint.

Vergleicht man die Antworten der Gymnasiallehrkräfte zu den Übungsaufgaben mittels des *Chi<sup>2</sup>-Tests*, so zeigt sich, dass diese mehr Informationen für Lernvoraussetzungen aus Übungsaufgaben ableiten als die anderen Lehrkräfte ( $\chi^2 = 4,756$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,029$ ).

Setzt man die Fragen 1 (Bekanntheit von Diagnostik) und 7 (Erkennen von Lernvoraussetzungen) in Kreuz-Beziehung wird deutlich, dass Lehrkräfte Lernvoraussetzungen aus vielen verschiedenen Informationsquellen ableiten. Es zeigt sich, dass im Gymnasium nur 15,9 % aller Lehrkräfte, bei 113 gültigen Antworten, Diagnosebögen als Basis für ihre Informationen nennen. Spaltet man diesen Wert nach Bekanntheitsgrad von Diagnostik auf, so zeigt sich, dass sogar 1,8 % der Lehrkräfte Diagnoseverfahren verwenden, denen die Diskussion weniger sowie 2,7 % der Lehrkräfte, denen die Diskussion gar nicht bekannt ist. 6,2 % der Gymnasiallehrkräfte kennen die Diskussion über Diagnostik sehr gut bis gut, 5,3 % der Lehrkräfte wissen darüber durchschnittlich Bescheid (s. Tabelle 9).

In den anderen Schultypen werden Diagnosebögen von lediglich 13 % der Lehrerinnen und Lehrer, bei 46 gültigen Antworten, als Informationsquelle erwähnt. Eine differenzierte Auswertung zeigt auf, dass 6,6 % dieser Lehrkräfte mit der Diskussion über Diagnostik vertraut ist, sie setzen (selbstentwickelte) Diagnoseverfahren ein. 6,5 % der Lehrkräfte betreiben Diagnostik, ohne dass ihnen die Diskussion darüber bekannt ist (s. Tabelle 10).

Die übrigen von den Lehrerinnen und Lehrern angewendeten Methoden der Diagnostik zeigen zwar die Lernvoraussetzungen bei den Lernenden auf, sind aber im eigentlichen Sinn keine wirklichen Diagnoseinstrumente. Die damit gewonnenen Erkenntnisse sind ad hoc-Erhebungen, vgl. Barth (2010), die Auswirkungen auf die Unterrichtsplanung haben, jedoch für die Erstellung von Diagnosen nicht wirklich verwert- und belastbar sind, da sie den formalen Kriterien für Diagnostik selten entsprechen.

Wenn man sich im Vergleich den tatsächlichen Einsatz von Diagnosemethoden ansieht, so ist zu erkennen, dass nur sehr wenige Lehrerinnen und Lehrer Diagnoseverfahren tatsächlich verwenden (s. Abbildungen 16 und 17; Auswertung Frage 8).

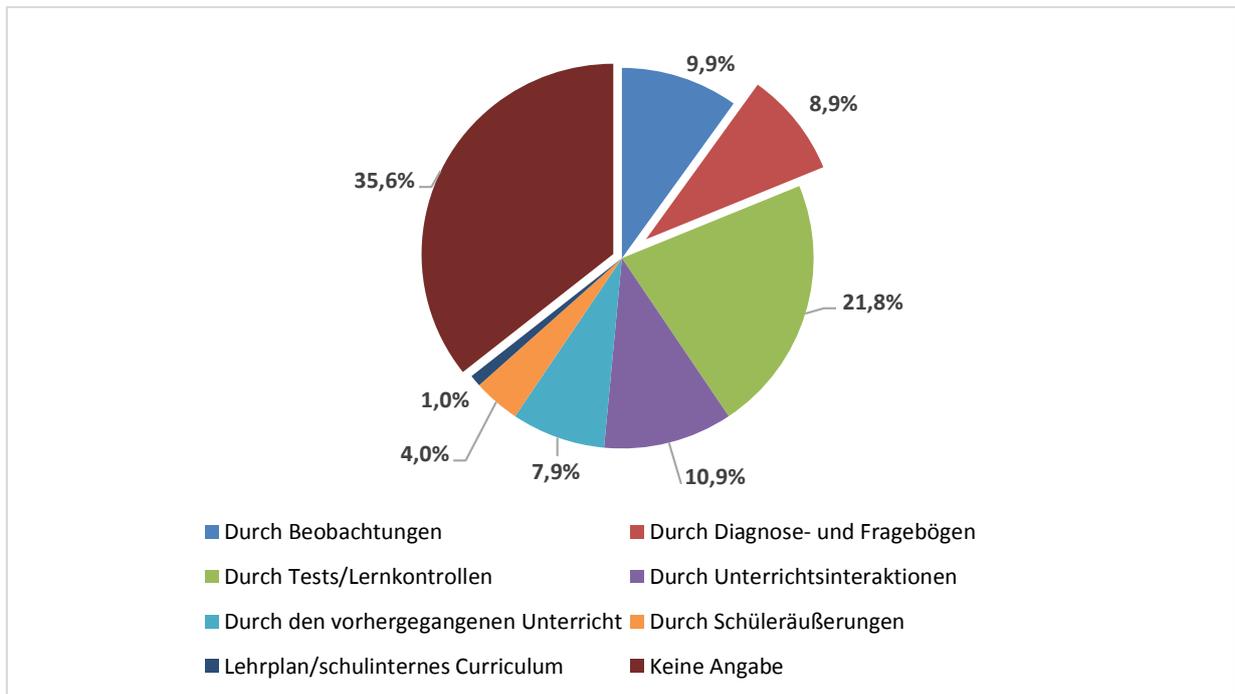


Abbildung 16: Tatsächliche Verwendung von Diagnoseverfahren (GY) (Frage 8)

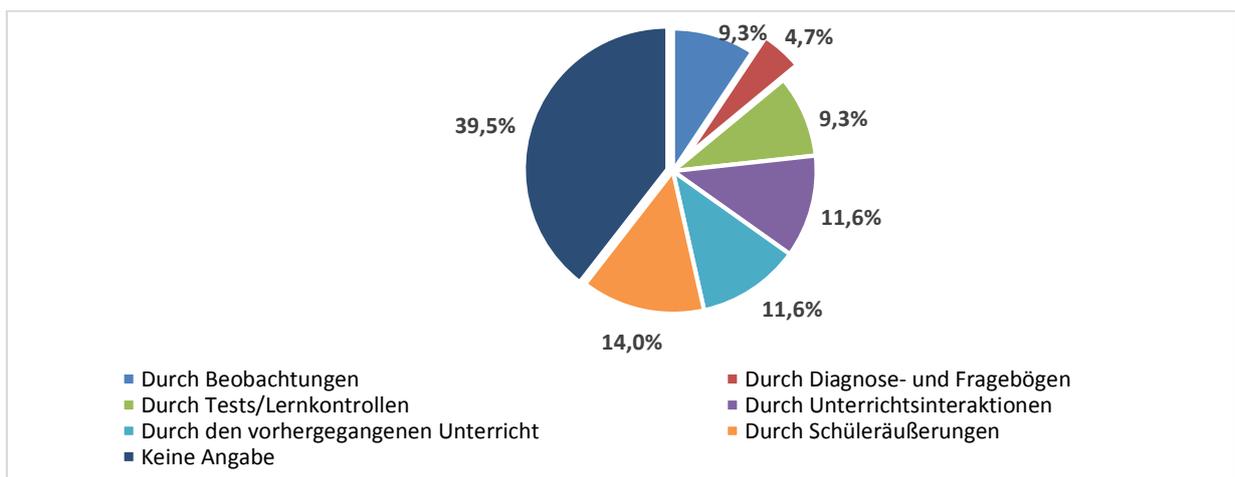


Abbildung 17: Tatsächliche Verwendung von Diagnoseverfahren (HS, RS, GE) (Frage 8)

Im gymnasialen Bereich wenden 8,9 % der Lehrkräfte Diagnoseverfahren an und in den anderen Schultypen kommt Diagnostik nur bei etwa 4,7 % zur Anwendung (s. Abbildung 14 und 15). Der Unterschied zwischen den Schulformen ist aber nicht signifikant ( $\chi^2 = 1,095$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,295$ ).

Überprüft man die Aussage mittels einer Verknüpfung zwischen der Frage 8 (Verwendung von Diagnoseverfahren) und der Frage 1 (Bekanntheit der Diskussion), so wird deutlich, dass Diagnostik

nur sehr vereinzelt angewendet wird. Es zeigt sich, dass 6,0 % der befragten Lehrkräfte des Gymnasiums und 2,3 % der Lehrkräfte an den Schulen des Typs Sek-I Diagnoseverfahren verwenden und die allgemeine Diskussion darüber verfolgen. 3 % der Lehrkräfte des Gymnasiums und 2,3 % der Lehrkräfte der andern Schultypen verfolgen die Diskussion kaum und verwenden trotzdem Diagnoseverfahren, um die Lernvoraussetzungen zu ermitteln (s. Tabelle 11 und 12). Auch hier wird bewusst nur die Kategorie „ Durch Diagnose- und Fragebögen“ herangezogen. Die meisten Lehrkräfte machen bezüglich der Diskussion keine Angabe, deshalb ist anzunehmen, dass für sie Diagnostik womöglich keine Rolle spielt (GY 35,6 % und HS, RE, GE 39,5 %). Diese Annahme ist für die betrachteten Schultypen mittels  $\chi^2$ -Test nicht signifikant unterschiedlich ( $\chi^2 = 0,002$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,966$ ) zu bewerten. Da die Fragen-Kategorie „keine Angabe“ nicht zu einer eindeutigen Aussage führt, können zwei Rückschlüsse gezogen werden, die jedoch nicht genau geklärt werden können: Entweder kennen die Probandinnen und Probanden Diagnostik wirklich nicht oder machen sie aus persönlichen Gründen keine Angabe. Untersucht man die Aussagen mit dem  $\chi^2$ -Test so kann man daraus ableiten, dass Gymnasiallehrerinnen und -lehrer den Wissensstand der Lernenden häufiger über Tests erfassen als die übrigen Lehrkräfte ( $\chi^2 = 4,271$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,039$ ) was als signifikant gelten kann, die weiteren Angaben unterscheiden sich nicht signifikant.

**Tabelle 11: Verwendung von Diagnoseinstrumenten zur Ermittlung von Lernvoraussetzungen (GY)**

Gymnasium			Frage 1 (Bekanntheit von Diagnostik)					Gesamtsumme
			sehr gut	gut	durchschnittlich	eher weniger	gar nicht	
Frage 8 (Untersuchung Lernvoraussetzungen)	Durch Diagnose- und Fragebögen	Anzahl	0	2	4	1	2	9
		% des Gesamtergebnisses	0,0 %	2,0 %	4,0 %	1,0 %	2,0 %	8,9 %
	Gesamtsumme	Anzahl	7	17	25	20	32	101
		% des Gesamtergebnisses	6,9 %	16,8 %	24,8 %	19,8 %	31,7 %	100,0 %

Werte bezogen auf Anzahl der Antworten

Vergleicht man die Untersuchungsergebnisse der anderen Schulformen, so zeigt sich, dass zwar verschiedene Diagnoseinstrumente eingesetzt werden, obwohl die fachdidaktische Diskussion nicht wahrgenommen worden ist.

**Tabelle 12: Verwendung von Diagnoseinstrumenten zur Ermittlung von Lernvoraussetzungen (HS, RS, GE)**

HS, RS, GE			Frage 1 (Bekanntheit Diagnostik)					Gesamtsumme
			sehr gut	gut	durchschnittlich	eher weniger	gar nicht	
Frage 8 (Untersuchung Lernvoraussetzungen)	Durch Diagnose- und Fragebögen	Anzahl	1	0	0	0	1	2
		% des Gesamtergebnisses	2,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,3 %	4,7 %
	Gesamtsumme	Anzahl	2	5	7	7	22	43
		% des Gesamtergebnisses	4,7 %	11,6 %	16,3 %	16,3 %	51,2 %	100,0 %

Werte bezogen auf Anzahl der Antworten

Zusammenfassend ist für die Beantwortung der **ersten Forschungsfrage FB 1** (s. S. 41) zu sagen, dass Lehrerinnen und Lehrer noch keine hinreichende Kenntnis von der fachdidaktischen Diskussion haben, bzw. nicht darüber informiert sind. Sie beziehen aber dennoch solche Instrumente in sehr geringem Maße in ihre Unterrichtsplanung ein. Um die Lernvoraussetzungen ihrer Schülerinnen und Schüler zu erkennen und anschließend zu ermitteln verwenden die Lehrkräfte unterschiedliche Informationswege. Standardisierte Diagnoseinstrumente werden nur von einer sehr kleinen Gruppe eingesetzt, eher werden sogenannte ad hoc-Diagnosen gestellt, die nicht zu verifizieren sind. Der größte Teil der Probandinnen und Probanden geben allerdings keinen direkten Einblick in ihre Kenntnisse, da sie dazu bei der Befragung keine Angaben machen, trotzdem findet man einen kleinen Teil an Lehrkräften, die sich für Diagnostik interessieren und diese dann auch in ihrem Alltag versuchen einzusetzen.

#### 4.2.3 Bekanntheit der Probleme beim Erlernen der Formelsprache

Um die **zweite Forschungsfrage** (s. Seite 41, Forschungsfrage FB 2) zu beantworten, waren die Antworten auf Frage 13 und 14 (s. Anhang I.1) zu analysieren, da in diesen beiden Fragen der Wissenstand der Lehrkräfte über die möglichen Problemfelder beim Erlernen der Formelsprache abgefragt wird.

13 *Welche typischen „Fehlvorstellungen“ von Schülerinnen und Schülern sind Ihnen bekannt?*  
(offene Frage)

14 *Benennen Sie beispielhaft typische Strategiefehler oder andere Lernschwierigkeiten bei Lernenden im Bereich Formelsprache aus Ihrer Unterrichtspraxis?* (offene Frage)

Dazu sind die erhaltenen Freitextantworten kategorisiert und anschließend mittels deskriptiver und interferenzstatistischer Berechnungen analysiert worden. Die Kategorien sind in Anlehnung an die Literatur ausgewählt worden, da von Barke (1982), Schmidt (1990) Kipker, Heimann und Harsch (2003) sowie Musli (2008) u.a. diese möglichen Fehlvorstellungen und Strategiefehler bei Schülerinnen und Schülern benannt wurden. Für Frage 13 ergeben sich folgende Kategorien: Index-Koeffizienten-Verwechslung; Probleme bei Mikro- und Makrokosmos-Vorstellungen; Stoffmengen- und Verhältnisbildung; Symbole und Schreibweisen; Modellbildungsverständnis; keine (sinnvolle) Antwort. Die letzte Kategorie ergibt sich aus keiner gegebenen Antwort oder keiner den anderen Kategorien zuzuordnenden Antwort. In der nachstehenden Tabelle 13 werden die Nennungen der Befragten und die daraus ermittelte Kategorie vorgestellt, um zu verdeutlichen, welchen Kategorien einzelne Antworten entsprechen.

**Tabelle 13: Auswahl der Problemfeldnennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 13)**

Nennung	zugeordnete Kategorie aus der Literatur
Probleme mit stöchiometrischen Faktoren; Fehlvorstellungen hinsichtlich Indexzahlen; bei Reaktionsgleichungen [...] was Zahlen als Index bedeuten und was Zahlen vor den Formeln bedeuten; Zahlen vor/in einer Verbindung; Verwechslung Indices mit stöchiometrischen Faktoren; Zahlen stehen einmal vorne; dann wieder klein unten; Benutzung der Zahlen nicht richtig; Verwechslung von stöchiometrischen Koeffizienten, Indizes und Verhältnissen; ...	Verwendung von Index und Koeffizient: Harsch, Heimann, Kipker (2003), Schmidt (1990)
Verwechslung von Teilchen und Atomen; Zuschreibung makroskopischer Eigenschaften zu kleinsten Teilchen; Formeln werden immer als Moleküle aufgefasst; Vermischung der Teilchenebene und der makroskopischen Ebene; Umsetzung einer Formel auf Teilchenebene; ...	Nennung von Mikro- und Makrokosmos: Harsch, Heimann, Kipker (2003), Johnstone (2000) Gabel (1999), Barke (1988)
Massen und Anzahlverhältnis; Masse wird mit der Teilchenanzahl gleichgesetzt; Erstellung der Verhältnisformel; Bereich der Stoffmenge; Summen- und Verhältnisformel; Ausgleichen der Reaktionsgleichung; Unterschied zwischen Verhältnis- und Molekülformel; Berücksichtigung der Wertigkeit beim Ausgleichen von Reaktionsgleichungen; fehlende Kompetenzen beim Umstellen mathematische Formeln; Probleme bei den Proportionen; ...	Probleme bei der Verhältnisbildung: Musli (2008); Schmidt (1990)
Nicht-Unterscheidung zwischen Groß- und Kleinbuchstaben in Atomsymbolen; Indices hochstellen, wenn sie unten stehen müssen; Ändern von Formeln bis es passt; Verwechslung der Symbole; Wasserstoff/Sauerstoff-Verwechslungen; Formeln sind Abkürzungen; Nicht Unterscheidung zwischen Groß- und Kleinschreibung; falsche Schreibweise; Reaktionsgleichung wird regelmäßig mit: $X + Y = XY$ geschrieben; Stoffmenge in einem Symbol; [Ziffer] 1 wird nicht geschrieben; ...	Symbole und Schreibweisen: Musli (2008); Harsch, Heimann, Kipker (2003)
Atome und Atomverbände bzw. Molekülverbände werden nicht unterschieden; man kann beliebig Atome hinzufügen oder wegnehmen; Reaktion als dynamischer Prozess bei dem Atome getauscht werden können; Es fällt auf, dass einzelne Fragmente erinnert werden. Atomkern; Atomhülle; Schalenmodell; Modellvorstellungen (auch Formeln); Abbildungen und /oder Skizzen sind quasi Realität; Zahlen mit der Vorstellung der beteiligten Atome in Einklang zu bringen; Formel = Stoff; Atome sind Kugeln mit Armen; ...	Probleme bei Modellen: Harsch, Heimann, Kipker (2003); Schmidt (1990)
[Keine Antwort]; noch nicht durchgeführt; vgl. Barke; die kennt jeder Chemie-Lehrer aus dem Alltag; ...	keine (sinnvolle) Angabe

Als erster Auswertungsschritt ist die Häufigkeitsverteilung der kategoriebasierten Antworten nach den genannten Variablen ermittelt worden (s. Abbildung 18).

Interessanterweise zeigt sich bei beiden Gruppen eine ähnliche Verteilung. In beiden Gruppen ist die Verwechslung von Index- und Koeffizienten häufigsten registriert, gefolgt von Fehlern bei Symbolen und Schreibweisen. Die Verständnisprobleme bei Stoffmengen- und Verhältnisbildung rangieren nach jenen, die bei Modellbildungsprozessen festzustellen sind, an der vierten Stelle. Die Gymnasiallehrkräfte scheinen etwas besser über Defizite informiert zu sein, da hier nur 19,1 % im Gegensatz zu 30,4 % bei der anderen Gruppe (HS, RS, GE) keine auswertbare Antwort gegeben haben (s. Abbildung 18).

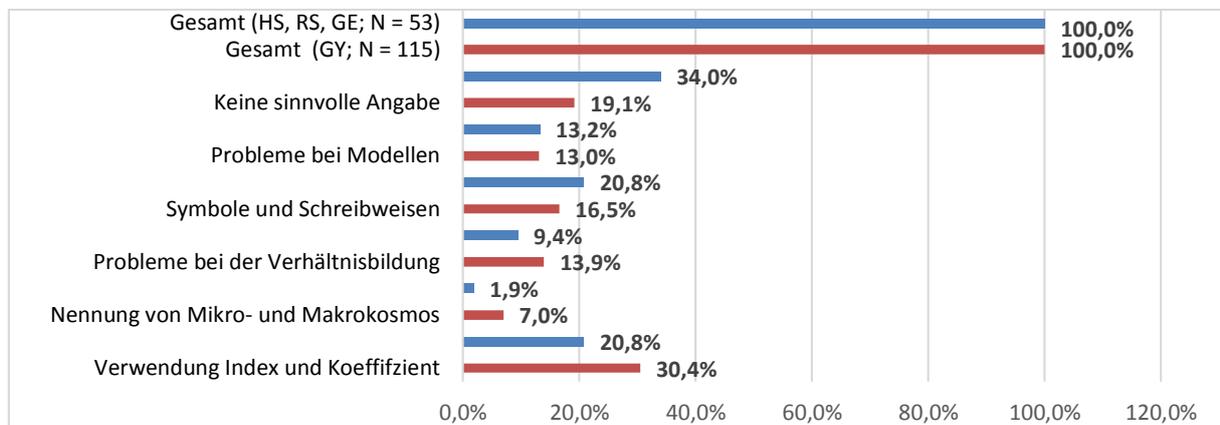


Abbildung 18: Nennungen Lehrkräfte über mögliche Fehlvorstellungen [GY (rot), HS, RS, GE (blau)]

Die anderen genannten Fehlvorstellungen sind den Lehrkräften, unabhängig vom Schultyp, noch nicht wirklich geläufig. Betrachtet man die Unterschiede mit Hilfe des  $\chi^2$ -Tests so unterscheiden sich die sinnvollen Aussagen nicht signifikant voneinander, jedoch ist von den Lehrkräften der (reinen) Sekundarstufen I Schulen geben allerdings einen signifikant höheren Anteil nicht auswertbarer (sinnvoller) Antworten ( $\chi^2 = 4,319$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,038$ ).

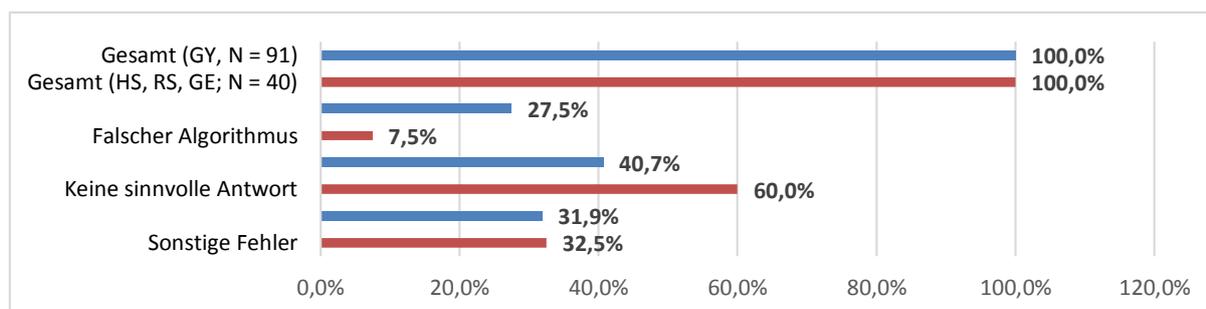
Das Ergebnis sagt jedoch nicht aus, dass diese Lehrkräfte keine Kenntnis darüber haben, denn eine „Nichtnennung“ zeigt nicht den Grund auf, warum hier keine Antwort gegeben wird.

Für den Bereich der Strategiefehler sind die Antworten auf Frage 14 herangezogen worden (s. Abbildung 19). Auch dafür sind analog zu der im Vergleich ausgewerteten Literatur [nach Schmidt (1990) und Musli (2008)] verschiedene Kategorien gebildet worden.

In nachstehender Tabelle 14 sind Beispiele für die Zuordnung einiger Antworten zu den Kategorien „Falscher Algorithmus“, „Sonstige Fehler“, „keine (sinnvolle) Antwort“ aufgeführt.

**Tabelle 14: Auswahl der Problemfeldnennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 14)**

Nennung	zugeordnete Kategorie aus der Literatur
Se [Schüler] gehen nicht regelmäßig vor; Sie möchten sehr mathematisch arbeiten und verstehen nicht, dass man durch Ausprobieren zur richtigen Formel kommt; Schüler vermeiden es; ein sinnvolles und vorgegebenes Programm als zielführende Handlungsroutine zu internalisieren; Schüler finden keinen Ansatz zur Lösung der Formel; SuS halten sich nicht an den Ablauf für die Erstellung einer Formel; halten sich nicht an die eingeübte Vorgehensweise; Fähigkeit zum systematischen und regelmäßigen arbeiten fehlt; ...	Falscher Algorithmus: Schmidt (1990)
Verknüpfung zwischen Formel eines Stoffes und der Stellung im PSE; Verwechslung bei bindungstypen; Übernahme von stöchiometrischen Koeffizienten in Formeln Probleme mit Indices; ...	Sonstige Fehler
[Keine Antwort]; Der größte Fehler ist, wenn der Lehrende selber unsicher ist und ein viel zu großes Buha davon macht; fachfremder Unterricht; natürlichste Sache der Welt; Verstehe ich nicht; ...	Keine (sinnvolle) Antwort



**Abbildung 19: Nennungen der Lehrkräfte über Strategiefehler [(GY (blau), HS, RS, GE (rot))]**

Vergleicht man hier die Auswertungen für beide Schultypen so zeigt sich, dass bei 27,5 % der Lehrerinnen und Lehrern an Gymnasien ein hinreichender Kenntnisstand über Strategiefehler vorliegen kann. Im Vergleich dazu sind nur 7,5 % der Lehrkräfte an den Schultypen, wo ausschließlich Sekundarstufen I Unterricht geplant ist ( $\chi^2 = 7,644$ ;  $df = 1$ ,  $p = 0,006$ ) über Strategiefehler informiert, was aber keinesfalls den Schluss zulässt, dass diese darüber nicht Bescheid wissen. Die sonstigen Fehler werden in gleichem Maße erkannt, hier erwähnen die Probandinnen und Probanden oft die Verwechslung von Koeffizient und Index, was allerdings kein Strategiefehler ist. Besonders auffällig ist die hohe Anzahl an nicht sinnvollen (auswertbaren) Antworten, gegeben von 60 % der Sekundarstufenlehrkräfte und 40,7 % der Gymnasiallehrkräfte. Das könnte einerseits bedeuten, dass sie tatsächlich keine differenzierte Antwort geben können, da häufig auf Frage 13 verwiesen wird oder sie aus persönlichen Gründen keine Angaben machen wollen.

Insgesamt zeigt sich, dass Lehrerinnen und Lehrer über mögliche Fehlerquellen beim Erlernen von Formelsprache Bescheid wissen. Sie benennen mehrere mögliche Fehlerquellen, die im Rahmen des Themas Formelsprache auftreten, jedoch nicht wirklich ersichtlich sind. Die Auswertung zeigt aber auf, dass Lehrkräfte vermutlich ein Wissensdefizit über bereits vorhandene didaktische Entwicklungen haben oder keine Antwort geben wollen. Zusätzlich gegebene Hinweise auf vorgegebene Fragen

zeigen allerdings auf, dass in der Vorstellung der Lehrkräfte eine Vermischung von einzelnen Fehlertypen vorliegen kann.

Setzt man zur Klärung dieser Fragestellung die Antworten der Fragen 13 und 7 über Fehlvorstellungen und die Nennung von möglichen Erhebungsinstrumenten mittels einer Kreuztabelle in Beziehung kommt zu nachstehendem Ergebnis (s. Abbildungen 20 und 21).

- 13 *Welche typischen „Fehlvorstellungen“ von Schülerinnen und Schülern sind Ihnen bekannt?*  
(offene Frage)
- 7 *Woran erkennen Sie in Ihren Lerngruppen die Lernvoraussetzungen für Ihren zu planenden Unterricht zum Thema Formelsprache?*  
(offene Frage)

Bei 7,6 % der Lehrerinnen und Lehrern am Gymnasium (s. Abbildung 20) spielen Diagnosetests bei der Feststellung der Fehlvorstellungen zu Index- und Koeffizienten-Ermittlung eine Rolle. Beobachtungen (4,5 %), Übungsaufgaben (3,8 %), Unterrichtsinteraktionen (3,2 %), Schüleräußerungen (2,5 %) und der eigene Unterrichtseinsatz (2,5 %) liefern weitere Informationen zur Erfassung dieser Fehlvorstellung. Fehlvorstellungen im Bereich des Mikro- und Makrokosmos werden von etwa 2,5 % der Befragten hauptsächlich über Diagnoseinstrumente erfasst, die übrigen Erfassungsinstrumenten spielen eine untergeordnete Rolle, sie werden von 0,0 % bis 1,3 % eingesetzt.

Schwierigkeiten bei der Stoffmengen und Verhältnisbildung werden gleichermaßen über Diagnose- und Leistungstests (je 1,9 %) ermittelt, die restlichen Erhebungswege sind eher nachrangig (1,3 %).

Bei Problemen mit Symbolen und Schreibweisen sind besonders Beispiele und Übungsaufgaben Informationslieferanten (4,5 %), Diagnose- und Fragebögen (3,2 %) und Unterrichtsinteraktionen (3,2 %) sowie Tests (2,5 %) rangieren dahinter.

Treten bei der Modellbildung Fehlvorstellungen auf, so werden diese oft über Schüleräußerungen im Unterricht (3,2 %) sowie in Übungsaufgaben (2,5 %) erkannt, oder sie sind strukturell in den Curricula zu finden (1,9 %).

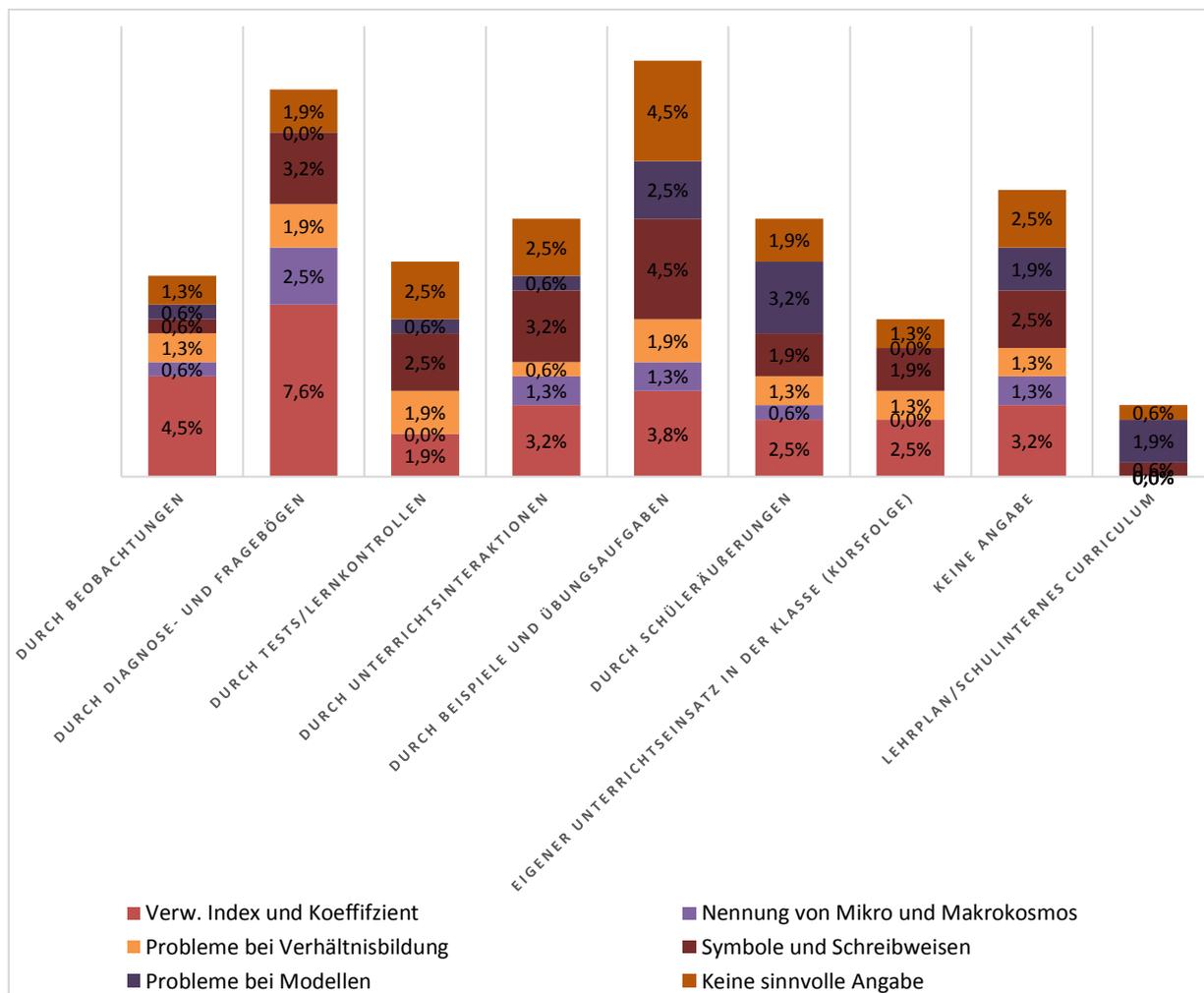


Abbildung 20: Information über die Fehlvorstellungen (GY); Prozentangaben bezogen auf die Gesamtzahl der Antworten

In den Schulformen Hauptschule, Realschule und Gesamtschule (Abbildung 21) ist zu sehen, dass Fehlvorstellungen bezogen auf Index und Koeffizientenverwechslung durch Beobachtungen (4,5 %) gefolgt von Diagnostik und eigenem Unterrichtseinsatz (jeweils 3,2 %) durch die Lehrkräfte ermittelt werden. Nachrangig werden Unterrichtsinteraktionen, Beispiele, Schüleräußerungen und das schulinterne Curriculum benannt (jeweils 1,6 %).

Schwierigkeiten bei der Vorstellung von Mikro- und Makrokosmos werden nur durch Beobachtungen und Schüleräußerungen erkannt (jeweils 1,6 %), weitere Wege zur Erkennung werden nicht erwähnt. Probleme bei Symbolen und Schreibweisen werden durch die Lehrerinnen und Lehrer in geringem Maße mit Hilfe von Diagnoseinstrumenten (1,6 %) festgestellt. Diese Defizite werden eher anhand von Tests und Lernkontrollen (4,8 %), Äußerungen von Schülerinnen und Schülern sowie aus dem eigenen Unterricht erkannt oder mit dem jeweiligen Curriculum in Verbindung gebracht (jeweils 3,2 %).

Fehlvorstellungen bei der Verhältnisbildung bei der Aufstellung von Formeln werden von 3,2 % der befragten Lehrkräfte mittels Diagnoseverfahren wie auch aus Schüleräußerungen festgestellt. Tests, Übungsaufgaben und das Curriculum werden von jeweils 1,6 % der Lehrerinnen und Lehrer erwähnt. 4,8 % der Lehrkräfte erkennen mit Hilfe von Tests Schwierigkeiten bei der Anwendung von Symbolen,

entsprechende Diagnoseverfahren werden hier nur von 1,6 % der Probanden angewendet. Aufschlussreich sind eher Äußerungen seitens der Lernenden und das Curriculum (anteilig jeweils 3,2 %). Unterrichtsbeobachtungen (3,2 %), Tests (3,2 %) und Schüleräußerungen (4,8 %) spielen beim Erfassen von Fehlvorstellungen in der Modellbildung eine Rolle. Im Gegensatz dazu werden Diagnoseverfahren und Unterrichtsinteraktionen weniger (jeweils 1,6 %) zur Ermittlung eingesetzt.

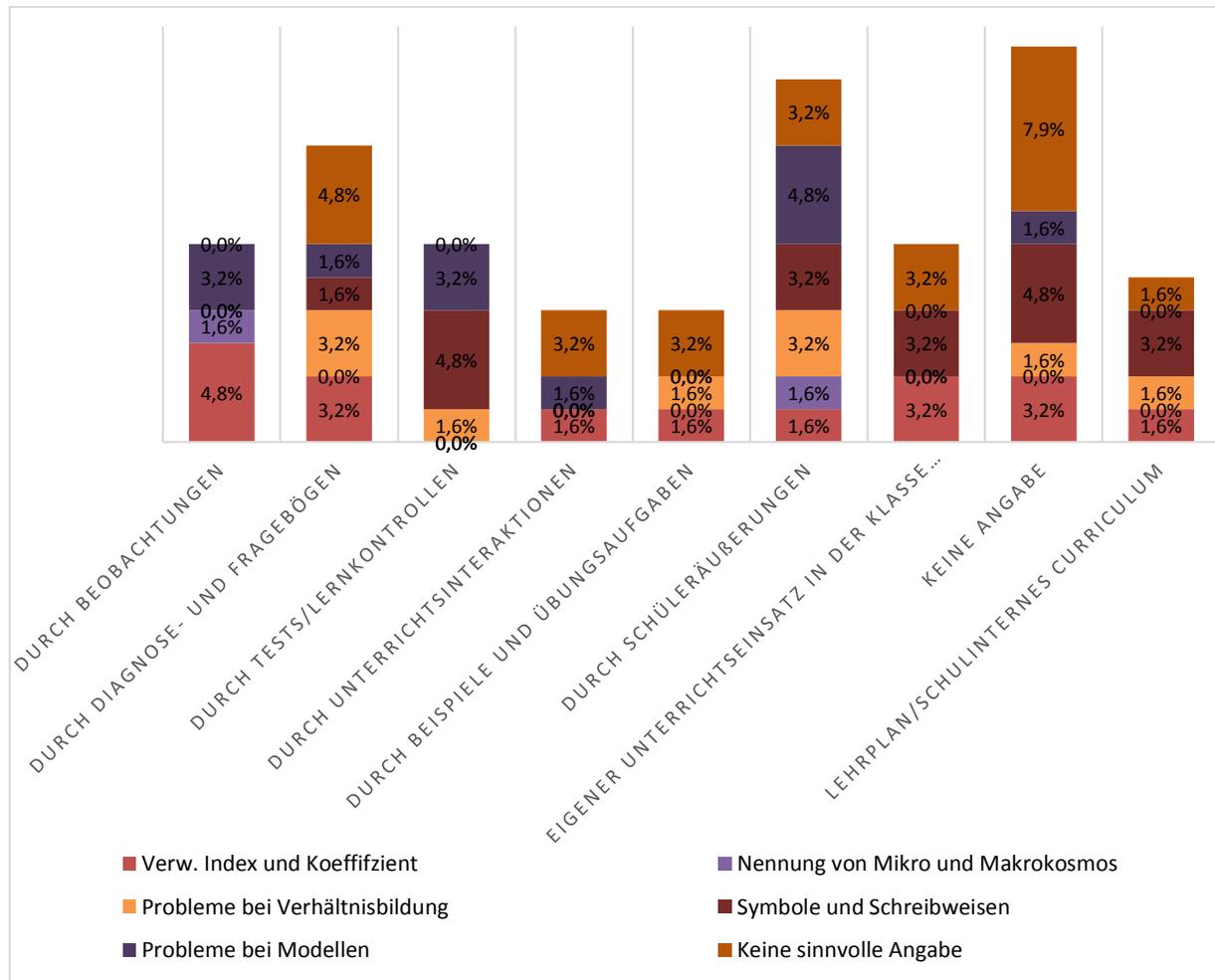


Abbildung 21: Information über die Fehlvorstellungen (HS, RS, GE); Prozentangaben bezogen auf die Gesamtzahl der Antworten

Führt man die gleiche Untersuchung mittels einer Kreuztabelle für die Herstellung der Beziehung von Strategiefehlern (Frage 14) und den möglichen Erhebungsinstrumenten (Frage 7) durch, so bekommt man folgende Ergebnisse für das Gymnasium. Diagnoseverfahren (6,6 %) und Unterrichtsbeispiele (8,2 %) sind für Lehrerinnen und Lehrer eine mögliche Informationsquelle, gefolgt von Unterrichtsinteraktionen (4,9 %), Tests (4,1 %) und Beobachtungen (3,3 %). Schüleräußerungen und der eigene Unterrichtseinsatz sind für 2,5 % der Probandinnen und Probanden von Bedeutung (s. Abbildung 22).

- 14 *Bennen Sie beispielhaft typische Strategiefehler oder andere Lernschwierigkeiten bei Lernenden im Bereich Formelsprache aus Ihrer Unterrichtspraxis?* (offene Frage)
- 7 *Woran erkennen Sie in Ihren Lerngruppen die Lernvoraussetzungen für Ihren zu planenden Unterricht zum Thema Formelsprache?* (offene Frage)

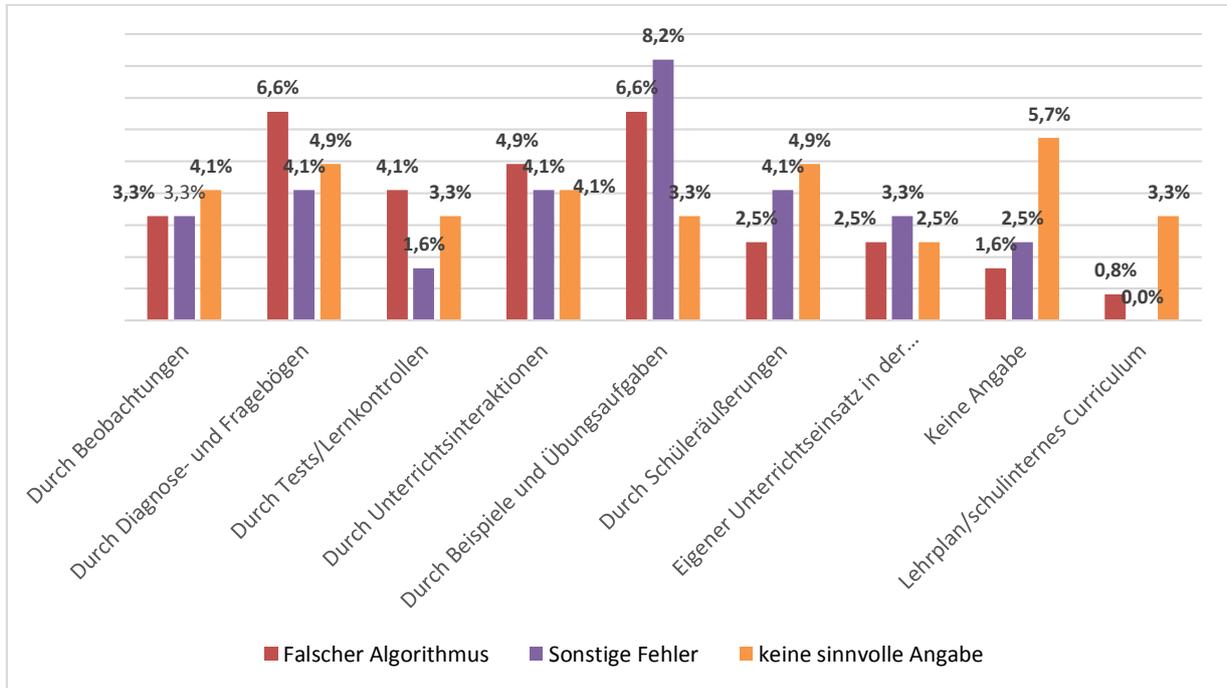


Abbildung 22: Information über die Strategiefehler (GY); Prozentangaben bezogen auf die Gesamtzahl der Antworten

Für die anderen Schultypen (HS, RS, GE) erhält man die nachstehenden Resultate (s. Abbildung 23): Eigener Unterricht und Schüleräußerungen stehen hier mit 4,3 % im Vordergrund, gefolgt von Tests und Unterrichtsbeispielen (jeweils 2,2 %). Die anderen Möglichkeiten werden überhaupt nicht in Betracht gezogen.

Mit diesen ermittelten Ergebnissen werden die Aussagen der Studien von Schmidt (1990), und Harsch Heimann und Kipker(2003) sowie Musli(2008) bestätigt.

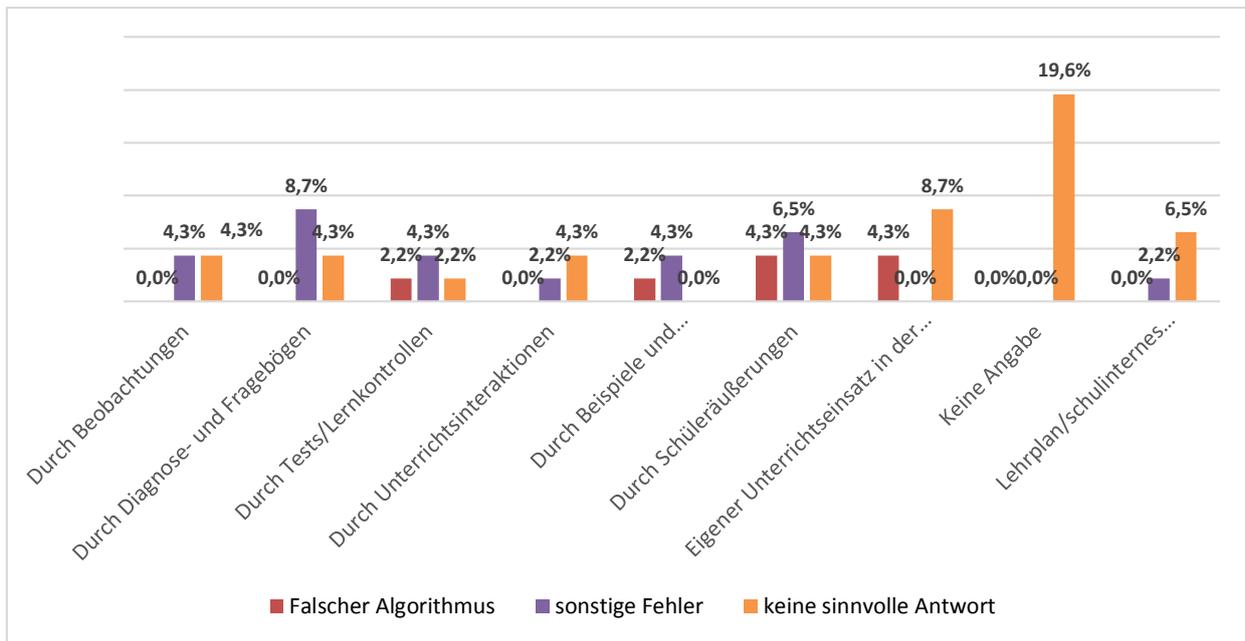


Abbildung 23: Information über die Strategiefehler (HS, RS, GE); Prozentangaben bezogen auf die Gesamtzahl der Antworten

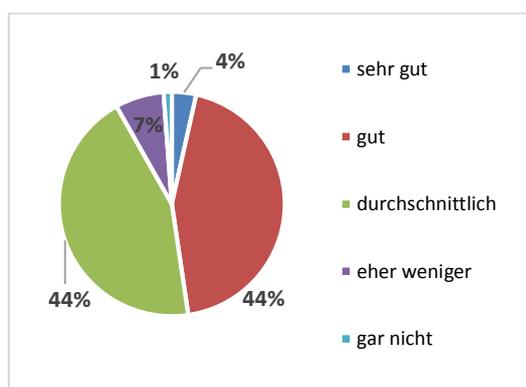
#### 4.2.4 Wissen der Lehrkräfte über die Abstraktionsfähigkeit sowie mathematischer und sprachlicher Fähigkeiten (Kompetenzen) von Schülerinnen und Schülern

Für die Beantwortung der **dritten Forschungsfrage** (s. S. 41, Forschungsfrage FB 3) ist von besonderer Bedeutung, dass für das Erlernen der Formelsprache drei wesentliche Fähigkeitsbereiche anderer Fächer verwendet werden. Diese Fähigkeitsbereiche liegen in der Metawissensebene und sollen im Bereich des Erlernens der Formelsprache angewendet werden. Im Rahmen der Fragenbogenstudie ist erhoben worden, wie gut die beteiligten Lehrerinnen und Lehrer über die entsprechenden Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler Bescheid wissen und mit welchen Erhebungsinstrumenten sie dieses Wissen vor Beginn dieser Unterrichtsreihe erfassen, sofern sie es erheben (Fragen 4 - 6).

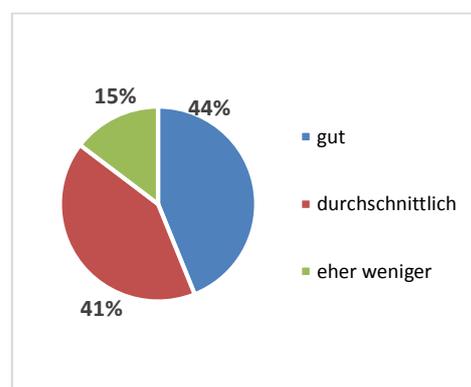
- 4a *Wie genau wissen Sie über die Fähigkeit Ihrer Schülerinnen und Schüler Bescheid, abstrakte Inhalte verstehen und anwenden zu können?* (skalierte Frage, 5er Skala)
- 4b *Wie haben Sie das Wissen erlangt?* (offene Frage)
- 5a *Wie gut wissen Sie über die mathematischen Fähigkeiten Ihrer Schülerinnen und Schüler Bescheid?* (skalierte Frage, 5er Skala)
- 5b *Wie haben Sie das Wissen über die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erlangt?* (offene Frage)
- 6a *Wie gut wissen Sie über die (alltags)sprachlichen Fähigkeiten Ihrer Schülerinnen und Schüler Bescheid?* (skalierte Frage, 5er Skala)
- 6b *Wie haben Sie das Wissen über die (alltags)sprachlichen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler erlangt?* (offene Frage)

#### 4.2.4.1 Abstraktionsfähigkeit

Die beteiligten Lehrerinnen und Lehrer wissen laut Erhebung innerhalb der Wertungen durchschnittlich bis gut über die Abstraktionsfähigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler Bescheid, wobei kein wirklicher Unterschied zwischen den Schultypen zu erkennen ist. Tendenziell zeigen die Antworten auf diese Frage (4a), dass die Lehrkräfte am Gymnasium einen besseren Einblick haben dürften als die Lehrkräfte der anderen drei Schulformen. Die Ergebnisse beider Untersuchungsgruppen unterscheiden sich nach Durchführung des H-Tests nicht signifikant ( $\chi^2=0,672$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,412$ ; s. Abbildung 24).



(GY)



(HS, RS, GE)

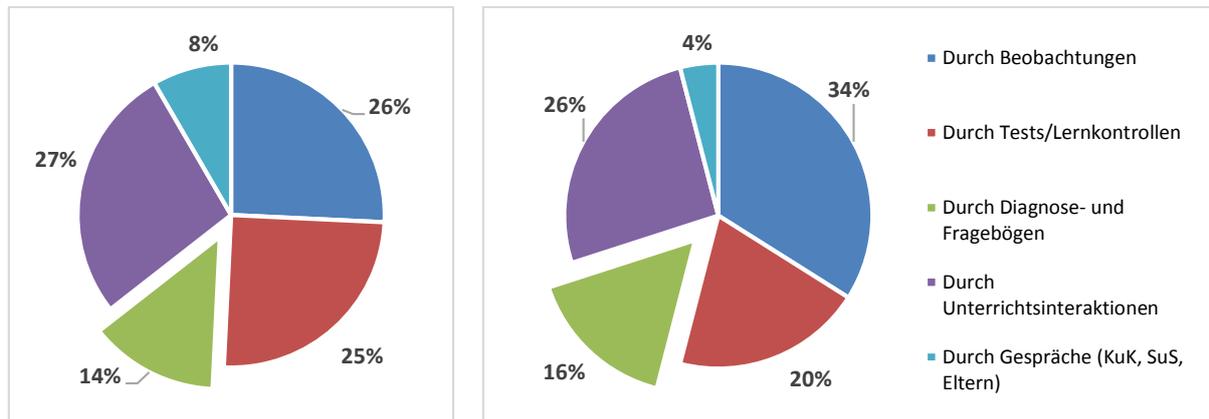
Abbildung 24: Einschätzung des Wissens über Abstraktionsfähigkeit (Frage 4a)

Die Nennungen der Erhebungsinstrumente werden wieder in Kategorien überführt, die in folgender Tabelle 15 aufgelistet sind.

Tabelle 15: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 4b)

Nennung	abgeleitete Kategorie
Beobachtungen bei Stillarbeit; Beobachtungen im Unterricht; Frageverhalten der Schülerinnen beobachtet; Man sieht es an den Gesichtern der Schüler, ob es mal wieder böhmische Dörfer sind; ...	Durch Beobachtungen
Schriftliche Überprüfungen; Klausuren; schriftliche Übungen; Leistungsüberprüfungen; Lernstandskontrollen; Kontrolle der Hausaufgaben; Tests; Korrektur von schriftlichen Aufgaben; schriftl. Abfragen; ...	Durch Tests/Lernkontrollen
Diagnose; Vorwissentests; Befragungen; Lerndiagnosetests; Fragerunden; Abgleich zwischen meinen Erwartungen und der Fähigkeit der SchülerInnen entsprechende Fragen zu beantworten; direktes Nachfragen bei den SchülerInnen; Ad-hoc- Analyse von Schülerantworten; Evaluieren; Interview	Durch Diagnose- und Fragebögen
Schüler sollen Inhalte selbst formulieren; Lehrer-Schüler-Einzelgespräch (bei Stillarbeit); Unterrichtsgespräche; schriftliche Aufgaben; Anwendungsbezogene Aufgaben; Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler im Unterricht; Hausaufgabenbesprechung; Unterrichtsgeschehen; Einzeltraining; Gruppenarbeit; Versuche planen lassen; Versuche durchführen lassen; Ergebnisse selber formulieren lassen; Unterrichtsgespräch ; Übungen; Erklärung(en) von Beispielen; unterrichtliches Arbeiten...; Schülerinnen und Schüler-Leistung im regulären Unterricht	Durch Unterrichtsinteraktionen
SL-Gespräche; Gespräche mit Schülerinnen und Schülern; Gespräche mit Eltern; Austausch; ...	Durch Gespräche (KuK, SuS, Eltern)

Anschließend ist wieder eine Häufigkeitsanalyse durchgeführt worden.  
(s. Abbildung 25).



(GY)

(HS, RS, GE)

Abbildung 25: Erhebung der Abstraktionsfähigkeit (Frage 4b)

Vergleicht man die Aussagen, so kann man sehen, dass sich die Lehrerinnen und Lehrer am Gymnasium weniger auf ihre Beobachtungen stützen als die Lehrkräfte an den anderen Schultypen. Der Erkenntnisgewinn aus Tests und Lernkontrollen liegt bei den Gymnasiallehrerinnen und Gymnasiallehrern etwas höher als bei den anderen. Diagnoseverfahren werden in vergleichbarem Maße eingesetzt, genauso wie Unterrichtsinteraktionen, die nahezu in gleicher Anzahl benannt werden. Gespräche mit anderen Kolleginnen und Kollegen spielen am Gymnasium ebenfalls eine größere Rolle. Die Antworten auf Frage 4b sind mittels  $\chi^2$ -Test als nicht signifikant unterschiedlich ausgewiesen.

#### 4.2.4.2 Mathematische Fähigkeiten

Es zeigt sich, dass die Gymnasiallehrkräfte eher meinen, die mathematischen Fähigkeiten sehr gut bis gut zu kennen, hier sind 52 % aller Stimmen zu finden, im Gegensatz zu 49 % bei den anderen Lehrkräften. Zieht man noch den Wert für das durchschnittliche Wissen hinzu, so steigt der Wert auf 73 % bei den Gymnasiallehrenden und 86 % bei den Lehrenden der anderen Schulformen. Die Ergebnisse zu Frage 5a sind für beide Gruppen der Lehrkräfte nach Durchführung des *U-Tests* als nicht signifikant unterschiedlich zu bewerten (M-W-U-Test 1670,00;  $U = 0,509$ ;  $p = 0,611$ , s. Abbildung 26).

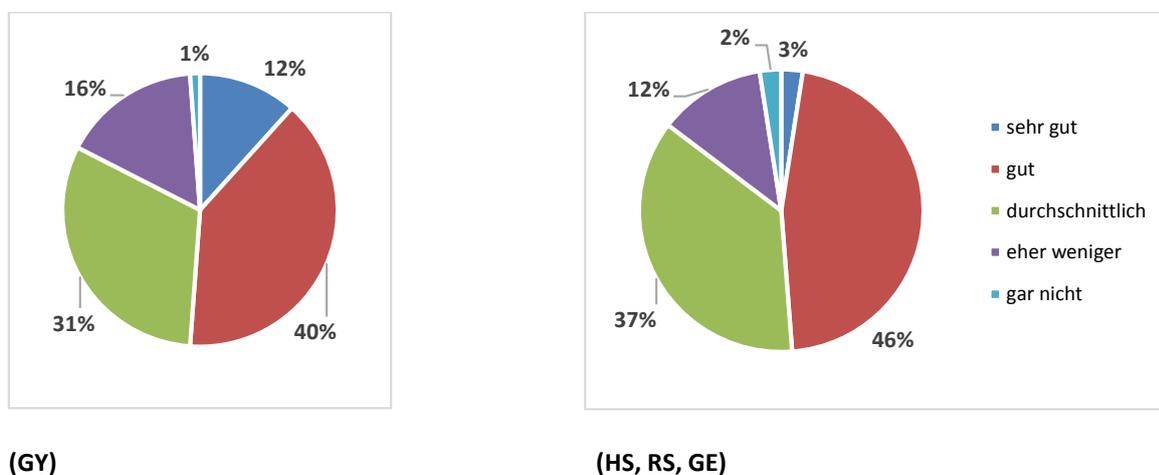
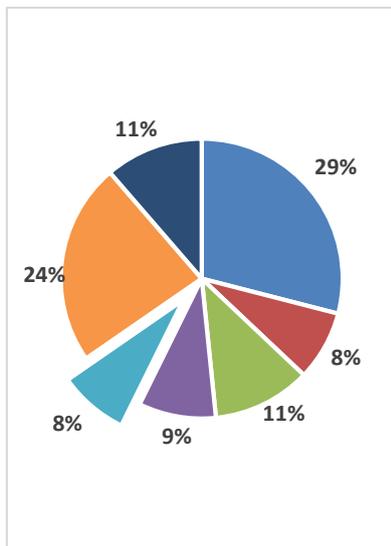


Abbildung 26: Einschätzung der mathematischen Fähigkeiten (Frage 5a)

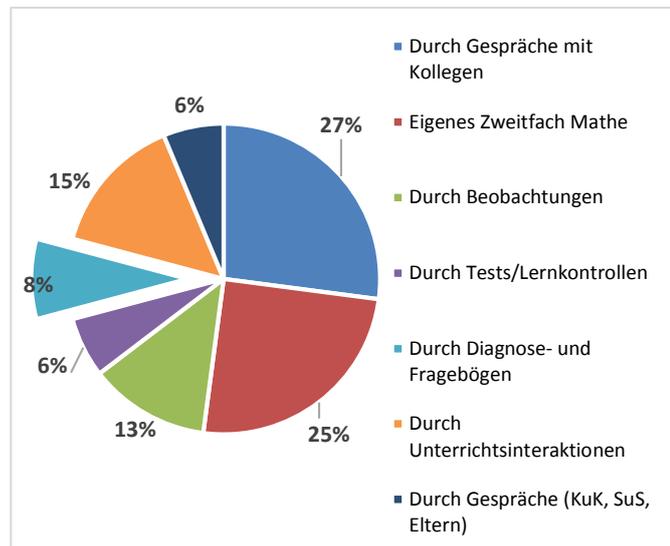
Die o.g. Aussagen sind mit jenen, für die Erhebung über die mathematischen Fähigkeiten vergleichbar, allerdings wird dem Informationsaustausch (Gesprächen) zwischen Fachkollegen eine wesentlichere Rolle zugemessen. Für die Frage 5b sind wieder die Nennungen der Probanden in Kategorien (s. Tabelle 16) überführt worden und mit einer Häufigkeitsanalyse untersucht worden. Als weitere Variable wurde Mathematik als Zweitfach kodiert.

Tabelle 16: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 5b)

Nennung	abgeleitete Kategorie
Befragung...; Absprache mit Mathematikkollegen; Gespräche mit Kollegen; Nachfrage; Mitglied SL – Kontrolle der Mathematikarbeiten (Niveau); Ich habe engen Kontakt zu den Mathematiklehrern; Austausch...	Durch Gespräche mit Kollegen (hier bes. Mathe)
Beobachtung; es fällt einfach auf...; Beobachtungen beim Lösen von Aufgaben; ...	Durch Beobachtungen
Test; Unterrichtsmanente Aufgaben; Übungsaufgaben; Kontrolle von /der Aufgaben; Klausuren; Schriftliche Übungen	Durch Tests/Lernkontrollen
Diagnosetests; konkrete Fragen; Befragung; Fragerunden; ...	Durch Diagnose-und Fragebögen
Bearbeiten von Aufgaben; Unterrichtsgespräche; Fragen der SuS; Einsatz von Übungsaufgaben; Probleme bei Lösungsfindung im Unterricht; gelegentliche Rechenaufgaben im Unterricht; Übungen; Unterrichtsgespräch in Gruppenarbeit; Antworten; Beispielaufgaben; Var. Aufgabenstellung/Fragestellung; Berücksichtigung Lerntempo; Bearbeiten von...; lfd. Unterricht	Durch Unterrichtsinteraktionen
Gefragt (SuS; andere); Zeugnis Konferenzen; Gespräche	Durch Gespräche (KuK, SuS, Eltern)



(HS, RS, GE)



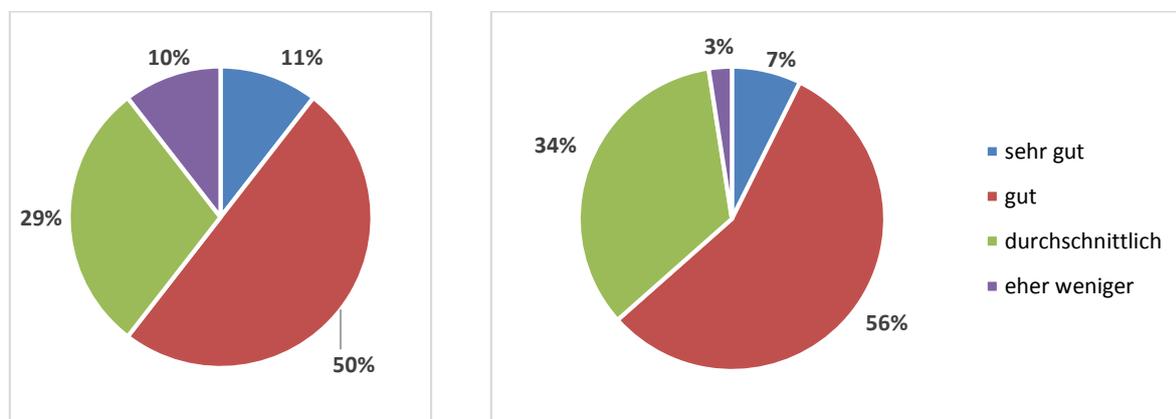
(GY)

Abbildung 27: Erhebung der mathematischen Fähigkeiten

Sieht man sich die Erhebungsmethoden (Frage 5b, Abbildung 27) genauer an, so werden besonders Informationen von Kolleginnen und Kollegen herangezogen (27 % GY; 29 % HS, RS, GE), um die mathematischen Fähigkeiten der Lernenden zu erheben. 25 % Probandinnen und Probanden von Haupt-, Real- und Gesamtschulen nennen zudem das zweite eigene Unterrichtsfach als Informationsfaktor ( $\chi^2$ -Test:  $\chi^2 = 6,032$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,023$ ). Als dritte Informationsquelle sind Unterrichtsinteraktionen von 24 % der Lehrkräfte des Gymnasiums und von 15 % der Lehrkräfte der Schultypen (HS, RS, GE) angegeben worden. Diagnosen, Tests/Lernkontrollen spielen in beiden Schultypen nur eine untergeordnete Rolle, häufiger sind Gespräche mit den Lernenden selbst oder ihren Eltern sowie die Ergebnisse aus Beobachtungen (11 % GY; 13 % HS, RS, GE) von Bedeutung.

### 4.2.4.3 Sprachliche Fähigkeiten

Bei den (alltags-)sprachlichen Fähigkeiten zeigt sich wieder, dass die Lehrkräfte sehr gut bis durchschnittlich über diese Fähigkeiten Bescheid zu wissen meinen: Hierzu sind an Gymnasien Aussagen von 90 % der Lehrkräfte und sogar 97 % von jenen der anderen Schultypen ermittelt worden (s. Abbildung 28).



(GY)

(HS, RS, GE)

Abbildung 28: Einschätzung sprachlicher Fähigkeiten (Frage 6a)

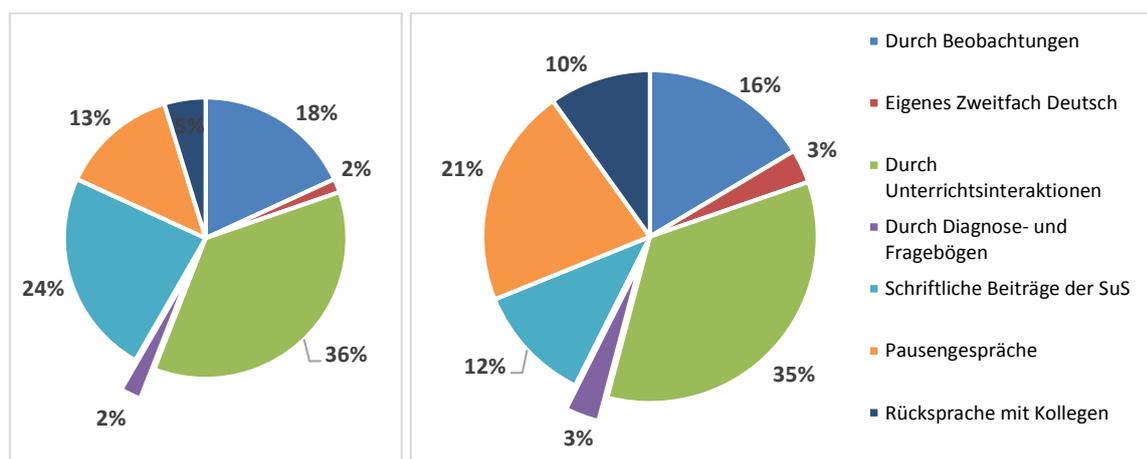
Die Antworten auf Frage 6a der jeweiligen Lehrkräfte sind alle nach Durchführung des *U-Tests* nicht als signifikant unterschiedlich bewertbar einzustufen (*M-W-U-Test* 1699,50;  $U = 0,360$ ,  $p = 0,719$ ).

Auch für Frage 6b werden die Antworten wie bei den vorherigen Auswertungen kategorisiert (s. Tabelle 17) und einer Häufigkeitsanalyse unterzogen. Als weitere Variable wird Deutsch als zweites Unterrichtsfach kodiert.

Tabelle 17: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 6b)

Nennung	abgeleitete Kategorie
Beobachtung, Beobachtung im UG; Eigener Eindruck; Textarbeit (lesen; auswerten; analysieren); Rückmeldung; Diskussionen; Frage-Antwort; Präsentation; Vorträge; Unterricht; UG; Austausch i. Unterricht; Fragen; Wiedergabe von Texten; Kommunikation während des U.; Kurslehrer; Beobachtungsbeschreibung; Darstellungen i. U; Formulierung d. SuS; Verbalisierung von Antworten; ...	Durch Beobachtungen Durch Unterrichtsinteraktionen
Schülerantworten in Orthographie; formulieren; schriftliches formulieren; Hausaufgaben; Tests; Referate; schriftliche Übungen; Abfrage; Zusammenfassungen; Veruchsprotokolle; Berichte; Hefteinträge; Schriftliche Abhandlungen; Beschreibungen ; Ausarbeitungen; Lernzielkontrollen (schr); Sachverhaltsdeutungen; Klausuren; ...	Durch schriftliche Beiträge der SuS
Sprech-Pause; alltägliche Gespräche; reden; Umgang mit...; Klassenlehrerteam; Klassenfahrten; pers. Gespräche; Alltagsgespräche; Gespräch nach Ende des Unterrichts.; Kontakt im privaten Bereich; ...	Pausengespräche
Freundin ist Fachkollegin; Austausch; Gespräch mit Kollegen; Fachlehrern; Tutoren; Rücksprache; Kommunikation mit...	Rücksprache mit Kollegen
Selbsteinschätzung; Abfragen; Lernstandserhebung; Diagnosetest; Beobachtung(m. Beobachtungsbögen); ...	Durch Diagnose- und Fragebögen

Die Anwendung von Diagnoseverfahren, um die sprachlichen Fähigkeiten festzustellen, ist für die Befragten unerheblich (s. Abbildung 29), vielmehr sind Beobachtungen und Ereignisse im Unterricht (Interaktionen) maßgebliche Entscheidungshilfen. Pausengespräche sowie schriftliche Unterrichtsbeiträge liefern für 24 % der Lehrkräfte am Gymnasium zusätzliche Informationen. Das eigene Zweitfach spielt hier im Vergleich zu den Resultaten bei Ermittlung der mathematischen Fähigkeiten (s. vorheriger Abschnitt) keine wirkliche Rolle. Interessant ist, dass in beiden beobachteten Lehrerinnen- und Lehrer-Gruppen die Unterrichtsinteraktionen mit 36 % und 35 % als gleichwertig bedeutsam gesehen werden, aber Pausengespräche 21 % besonders an Haupt-, Real- und Gesamtschule eine wesentliche Informationsfunktion haben. Untersucht man die Angaben auf Frage 6b mit Hilfe des *Chi<sup>2</sup>-Tests* so unterscheiden sie die beiden Gruppen nicht signifikant.



(GY)

(HS, RS, GE)

Abbildung 29: Erhebung der sprachlichen Fähigkeiten

#### 4.2.5 Die tatsächliche Vermittlung von Formelsprache

Um die **vierte Forschungsfrage** (s. S. 41, Forschungsfrage FB 4) zu beantworten, muss man sich mit den tatsächlichen Unterrichtskonzepten der Lehrkräfte auseinandersetzen. Im Rahmen der Befragung hat sich gezeigt, dass hier ein sehr individuelles Verständnis von der Vermittlung und Vermittlungsstrategien vorherrscht.

Der Kernlehrplan für das Gymnasium ist seit dem Jahr 2008 (MSW, 2008) verbindlich fest gelegt. Daher sollte davon ausgegangen werden können, dass die Unterrichtsreihen zur Formelsprache dementsprechend in schulinternen Curricula angelegt worden sind. Aus dieser Studie sollte demzufolge zu ersehen sein, ob die Kernlehrpläne schon implementiert sind; oder ob noch ein anderer Planungs- und Entwicklungsstand an den Schulen vorliegt.

Die Kernlehrpläne für die Gesamtschule, Realschule und Hauptschule bilden nur indirekt eine Grundlage für diese Befragung, da diese Kernlehrpläne erst im Sommer 2011 [ (MSW, Kernlehrplan für Gesamtschulen, 2011), (MSW, Kernlehrplan für Hauptschulen, 2011), (MSW, Kernlehrplan für

Realschulen, 2011)] gültig geworden sind und so eine vollständige Implementation noch nicht zu erwarten gewesen ist. Allerdings müsste man bereits eine Annäherung an die Kernlehrpläne auch bei diesen Schultypen erkennen können.

Ordnet man die in der Befragung vorgestellten Unterrichtsreihen den vorgegebenen didaktischen Ansätzen (s. Kapitel 2, S.9 ff.) zu, so kann man erkennen, dass die Umsetzung der Kernlehrpläne noch längst nicht in der Realität des Unterrichts zu finden ist. Prinzipiell spielt dies zwar keine Rolle für das Verständnis von Formeln, zeigt aber den Istzustand des derzeit erteilten Unterrichtes auf. Im Rahmen dieser Studie sind die lehrenden Teilnehmer und Teilnehmerinnen nach ihrem individuellen Unterrichtsgang gefragt worden. Sie sollten angeben, wie sie Formelsprache in ihrem Unterricht vermitteln. Die Antworten sind dann auf den darin verborgenen didaktischen Ansatz hin überprüft worden (vgl. Kapitel 2). Diese derart ermittelten Ansätze sind dann nach Schultyp sortiert und ausgezählt worden, eine (tabellarische) Übersicht ist im Anhang einzusehen. Gegliedert nach Schultypen ergibt sich folgendes Bild für die Verwendung der didaktischen Ansätze (Abbildung 30):

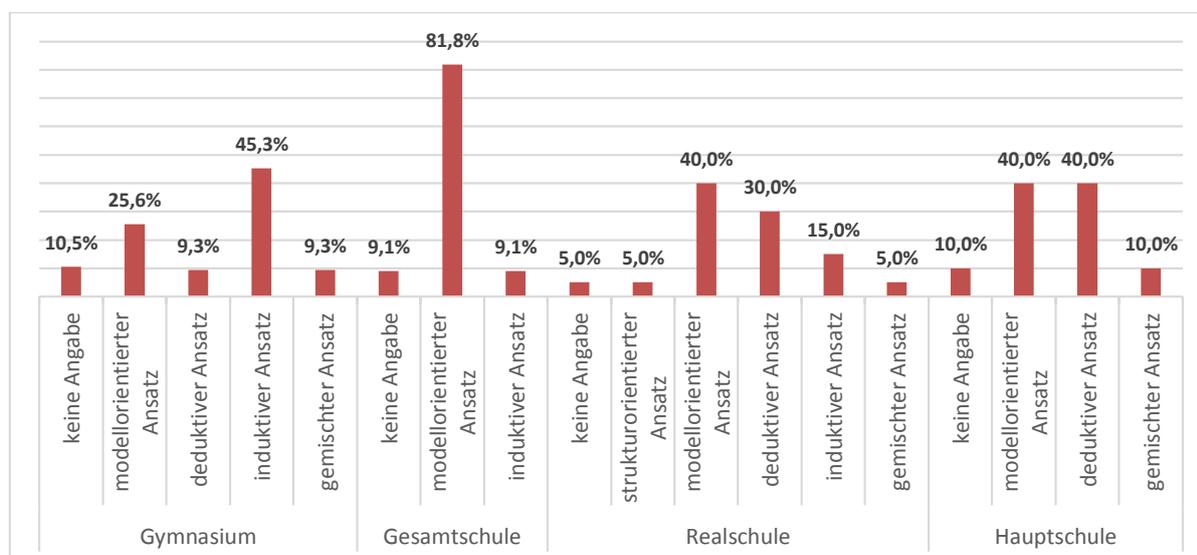


Abbildung 30: Verteilung der didaktischen Ansätze

Um ihre Unterrichtsreihe zur Formelsprache zu konzipieren, verwenden am Gymnasium nahezu die Hälfte (45,3 %) der befragten Fachlehrer und -lehrerinnen den induktiven (klassischen), etwa ein Viertel (25,6 %) den modellorientierten und 9,3 % den deduktiven Ansatz; der strukturorientierte Ansatz kommt nicht zur Anwendung. Das bedeutet, dass der induktive Ansatz signifikant am Häufigsten verwendet wird ( $\chi^2 = 16,379$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,001$ ). Bei rund zehn Prozent (9,3 %) der befragten Lehrkräfte wird eine Mischung aus klassischem und modellorientiertem Ansatz abgebildet. Der nahezu gleiche Prozentsatz (10,5 %) aller beteiligten Lehrpersonen hat entweder keine oder eine nicht zuordenbare Antwort gegeben. 17,6 % aller im Rahmen der Erhebung befragten Gymnasiallehrkräfte gehen spiralcurricular vor, d.h. sie zerlegen den Unterrichtsinhalt in kleinere Sequenzen, verteilt auf alle

Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I. Der induktive Ansatz weist die höchste Komplexität auf und fordert deshalb von den Schülerinnen und Schülern in besonderem Maße sprachliche und mathematische Fähigkeiten sowie eine hohe Abstraktionsfähigkeit.

In den anderen Schulformen [GE (81,8 %, RS (40,0 %), HS (40,0 %)], wird von der großen Mehrheit der Befragten der modellorientierte Ansatz favorisiert. Dieser Ansatzes wird sogar signifikant häufiger verwendet als die anderen ( $\chi^2 = 14,434$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,002$ ).

In den anderen Schulformen ist der deduktive Ansatz signifikant vertreten (30,0 % RS, 40,0 % HS  $\chi^2 = 13,096$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,004$ ).

Der strukturorientierte Ansatz spielt nur in der Realschule eine Rolle (5,0 %).

Sieht man sich die inhaltlichen Ausführungen an, so wird deutlich, dass die Forderungen des Kernlehrplanes noch nicht wirklich umgesetzt werden, sondern eher eigene Unterrichtsvorhaben vorgestellt worden sind, dazu werden kurz beispielhaft charakteristische Unterrichtsreihen von einer Lehrkraft pro Schultyp dargestellt.

Zuerst sei beispielsweise ein möglicher Unterrichtsgang einer Gymnasiallehrkraft (Tabelle 18) betrachtet:

**Tabelle 18: Möglicher Unterrichtsgang an einem Gymnasium**

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>Std.:</b> Elementsymbole - nicht nur Abkürzungen</li><li>2. <b>Std.:</b> Formeln einfacher Verbindungen (mit Experimenten)</li><li>3. <b>Std.:</b> Die Masse von Atomen und das Gesetz der Erhaltung der Masse (als Wdh.)</li><li>4. <b>Std.:</b> [Übergang] von den Massenverhältnissen zur [chemischen] Formel</li><li>5. <b>Std.:</b> Übungen zur Ermittlung von Formeln</li><li>6. <b>Std.:</b> Wiederholung und Festigung</li><li>7. <b>Std.:</b> Test</li></ol> |
|---|

Fehler sind hier nicht korrigiert, die Antworten sind direkt aus den Fragebögen entnommen worden

An diesem Beispiel, stellvertretend für die meisten gymnasialen Unterrichtsgänge, wird deutlich, dass hier noch keine Basiskonzepte sowie Kompetenzen angewendet werden. Es zeigt sich vielmehr, dass zwar den fachdidaktischen Erkenntnissen gefolgt wird, aber bisher noch wenige neue Ideen in das Unterrichtskonzept aufgenommen worden sind. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass ein derart durchgeführter Unterrichtsgang einige der ausgewiesenen Kompetenzen trotzdem bedient. Außerdem zeigt sich eine deutliche Akzentuierung auf die erforderliche Fachsystematik, was für gymnasiale Vermittlungswege in vielen Fällen zutrifft.

In der Gesamtschule geht die Mehrheit der an der Umfrage beteiligten Lehrkräfte modellorientiert vor (81,8 %); 9,1 % verfolgen klassische (induktiv hergeleitete) didaktische Ansätze und der Rest der Befragten lieferte keine auswertbare Antwort. 37,5 % aller Befragten setzen auch spiralcurricular strukturierte Methoden ein. Beim modellorientierten Ansatz werden zwar weniger die mathematischen Fähigkeiten gefordert, jedoch steht besonders die Abstraktionsfähigkeit im Mittelpunkt. Beispielhaft zeigt folgende Darstellung einen möglichen Unterrichtsgang an der Gesamtschule (Tabelle 19).

**Tabelle 19: Möglicher Unterrichtsgang an der Gesamtschule**

1. **Std.:** Atommodelle
2. **Std.:** Schalenmodell mit Elektronenverteilung inkl. Hauptgruppeneigenschaften
3. **Std.:** Reaktion von Natrium mit [und]Chlor mit Elektronenübergang
4. **Std.:** weitere Verbindungen mit Formeln aufstellen über die Wertigkeit

Fehler sind hier nicht korrigiert, die Antworten sind direkt aus den Fragebögen entnommen worden

In der Realschule herrschen besonders der deduktive (30 %) und der modellorientierte Ansatz (40 %) vor. Induktiv gehen immerhin noch 15 % der befragten Lehrerinnen und Lehrer vor, während 5 % den strukturorientierten Ansatz verwenden. 13,3 % der Lehrkräfte gehen spiralcurricular vor. Keine auswertbaren Antworten waren von 5 % der Befragten gegeben worden. Auch hier wird ein exemplarisches Unterrichtsvorhaben einer Realschullehrkraft (Tabelle 20) kurz dargestellt:

**Tabelle 20: Möglicher Unterrichtsgang an der Realschule**

1. **[Std]:** Symbole im Alltag Verkehrsschilder, KFZ-Kennzeichen usw.
2. **[Std]:** Symbole in der Chemie - Gefahrensymbole - Elementsymbole - Bedeutung einiger Elementnamen 1-2 U-Std.
3. **[Std]:** Formeln von Verbindungen, die bisher im Unterricht erarbeitet wurden, z.B. Eisenoxid, Aluminiumoxid, Kupfersulfid usw. Bedeutung der Indexzahlen 1 U-Std.
4. **[Std]:** Aufstellen von Formeln mit Hilfe der Wertigkeit (= Bindefähigkeit) auch von bekannten Verbindungen (Siehe 3) 1-2 U-Std.
5. **[Std]:** Benennung von Formeln a) mit di und tri usw. z.B. Kohlenstoffdioxid (kennen die SuS aus dem Alltag) b) mit der Wertigkeit im Namen, wie z.B. Kupfer(I)-oxid und Kupfer(II)-oxid 1 U-Std.
6. **[Std]:** Aufstellen von Reaktionsgleichungen a) zuerst Metall + Schwefel b) dann Metall + Sauerstoff c) Krönung: Redoxreaktion 1-2 U-Std.
7. **[Std]:** Wiederholung 1 U-Std. 8. Test 20 Min. So unterrichte ich das Thema Ende Kl. 7 oder
8. **[Std]:** im 2. Unterrichtsjahr(halbjahr) nach Redoxreaktionen. Die Thematik greife ich dann jeweils immer wieder bei neuen Inhalten auf und erweitere und ergänze Fehlendes oder Neues.

Fehler sind hier nicht korrigiert, die Antworten sind direkt aus den Fragebögen entnommen worden

In der Hauptschule werden eher deduktive oder modellhafte Ansätze verwendet sowie besonders stark Kontexte eingesetzt (jeweils 40 %), die das abstrakte Problem auf eine lebensnahe Ebene bringen sollen. Der induktive Ansatz spielt bei diesem Schultyp nur eine untergeordnete Rolle. Auch hier wird in geringem Maße spiralcurricular gearbeitet (12,5 %). Exemplarisch folgt eine kurze Übersicht einer Hauptschullehrkraft (Tabelle 21).

**Tabelle 21: Möglicher Unterrichtsgang an der Hauptschule**

Da ich keine abgeschlossene Unterrichtseinheit zum Thema Formelsprache durchführe, sondern die Formelsprache sich in jeder Unterrichtseinheit wiederfindet (manchmal nur am Rande), kann ich hier keine UR skizzieren. Die SuS wachsen nach und nach in die Formelsprache hinein, wobei ihr Wissen schrittweise im Laufe der Jahre erweitert wird, so dass sie Mitte der Klasse 9 einfache, dem HS-Niveau entsprechende Gleichungen (organisch und anorganisch) in Wort- und Formelschreibweise eigenständig aufstellen können: Redoxreaktionen, Neutralisationen, Bildung von Säuren und Basen, einfache organische Gleichungen etc..

Fehler sind hier nicht korrigiert, die Antworten sind direkt aus den Fragebögen entnommen worden

Im Rahmen dieses Unterrichtskonzeptes wird vorwiegend mit Hilfe alltäglich angewendeter bildhafter Darstellungen der Wissenstand der Schülerinnen und Schüler erweitert. Somit wird bei diesem Konzept eine Forderung des neuen Kernlehrplans erfüllt – es wird sehr kontextorientiert an diese Unterrichtsvorhaben herangegangen.

Bei allen Lehrerinnen und Lehrern ist in den ermittelten Unterrichtsideen zu lesen, dass nur sehr alltagsorientiert und fast nur auf der makroskopischen Ebene gearbeitet wird, eine Vermittlung theoretisch vertiefter Kenntnisse ist (hier) nicht vorgesehen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Einarbeitung der neuen Kernlehrpläne in schulinterne Curricula noch viel zielgerichteter erfolgen müsste, damit eine Verbindlichkeit und eine Vergleichbarkeit der unterrichteten Inhalte gegeben ist und die Vorgaben der Kernlehrpläne umgesetzt werden. Weiterhin ist festzustellen, dass einmal entwickelte Unterrichtsreihen selten umgestaltet werden. Deutlicher ist das bei dem Chemieunterricht am Gymnasium zu erkennen, da hier der Kernlehrplan schon seit sechs Jahren bekannt und implementiert sein sollte (zum Zeitpunkt der Erhebung seit drei Jahren). Demgegenüber ist diese Einarbeitung für die anderen Schulformen noch offen. In den vorgestellten Unterrichtscurricula ist kein idealer Weg zur Vermittlung von Formelsprache vorgestellt worden. Es zeigt sich, dass es bei der Vermittlung schulformtypische Vorlieben gibt, die dann durch individuelle Schwerpunktsetzungen seitens der Lehrkräfte noch unterschiedlicher ausfallen können. Somit wird evident, dass die unterrichtliche Vermittlung dieses Themas zwischen den einzelnen Schultypen nicht wirklich vergleichbar ist. Für die in den Kerncurricula, und daraus folgend in den schulinternen Curricula, stehenden Kompetenzen und daraus resultierenden zentralen Prüfungen sind hier noch viele Schritte zu deren Harmonisierung zu erfüllen.

#### 4.2.6 **Medieneinsatz im Rahmen der Unterrichtsreihe Formelsprache**

Betrachtet man den Medieneinsatz (s. Tabelle 22 und Abbildung 31) in den jeweiligen Unterrichtsreihen, so zeigt sich, dass häufig Modelle und Bilder verwendet werden. Digitale Medien wie Animationen und Filme werden noch selten genutzt, wobei diese etwas mehr im gymnasialen Chemieunterricht zum Einsatz kommen. Hier wird deutlich, dass der Einsatzbereich verschiedener medialer Hilfsmittel noch sehr stark von der Einstellung der Lehrkräfte über Medien und der ihnen zur Verfügung stehenden Lehreinrichtungen bestimmt wird, was die Erhebung von Pietzner (2009) untermauert. Um diese Aussagen zu belegen werden die Antworten auf Frage 12 (Welche Hilfsmittel zur Veranschaulichung verwenden Sie? (offene Frage)) herangezogen. Untersucht man die Angaben mit Hilfe des *Chi<sup>2</sup>-Tests*, so zeigt sich kein signifikanter Unterschied den Großteil der verwendeten Medien zwischen den einzelnen Schulformen, für Experimente zeigt sich eine leichte Tendenz, dass sie an HS, RS, GE häufiger verwendet werden ( $\chi^2 = 3,566$ ;  $df = 1$   $p = 0,059$ ).

Tabelle 22: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 9)

Nennung	abgeleitete Kategorie
Modelle, Zeichnungen, Experimente, Modellbaukästen, Anschauungsmaterial, Farben, Visualisieren, Bilder	Abbildungen
Exkurs, Lehrervorträge, Erklärbar, weitere Beispiele, Voraussage von Experimenten, weitere Erklärungen, Elektroneg. Von Pauling...	Hintergrundinformationen
Film, starke Visualisierung, Lernprogramm	Film
Didaktische Medien, Lernprogramm, Animationen, unters. Modelle	Animationen
Vermenschlichung, Ich übersetze die Reaktion in menschliche Bereiche, Verbalisieren im Schülervortrag, Verbalisieren in Alltagssprache, Schülersprache, , mehr Bsp. Im Unterricht auch an nicht chem. Inhalten, Darstellung der Atome durch SuS, Beispiele aus dem Alltag, Atome mit Menschen vergleichen, Analogien	Alltagsbezug/Vermenschlichen
Zusätzl. Übungen, Übungsbeispiele, üben, wiederholtes intellig. Üben, , weitere Übungsphasen, Erhöhung Übungsanteil,	Mehr Übungen
Reduzieren, Verzicht..., Reduktion, Thematisieren von widersprüchli. Vorstellungen, dies und jedes ist zu lernen, Vereinfachung, herunterschrauben, Mut zur Lücke, Anpassung im UG, weglassen, unters. Modelle,	Anspruch weg
Wiederholung, ausführlicher Erklären,... wiederholt..., back to he roots, einschieben von lerneinheiten, kleinschrittiges vorgehen, fange wieder von vorne an, nochmals besprechen, erneutes Erklären mit and. Ansatz	Wiederholungen
Vokabelheft, Partnernvorträge, Ich kann binnendifferenziert arbeiten, ggf. Differenzierung, Ich stelle im Moment einer solchen Feststellung während des laufenden Unterrichts diesen um. Wenn es sein muss, auch unter völliger Aufgabe meiner Planung; dann plane ich spontan neu (on the fly), modellhafte Beispiele mit schrittweisen zunehmen..., Veränderungen der Aufgaben , Änderung der Methodik, Einzel- bzw. gruppenarbeit zur gegenseitigen Hilfe , zuerst einfachere Aufgaben, Mehr Übungen, Gruppenarbeit in heterogenen Lerngruppen, so dass starke Kinder den schwächeren helfen, ind. Förderung, Leistungsdifferenzierte Arbeitsmaterialien sichere Grundlagen schaffen - Förderbörse für einzelne - Lernhilfen (Gebetsmühle, Legosteine etc.) - wird passend Übungen anders differenzieren, Einzelberatung, ggfs. Kür-Aufgaben für Schnellere, Schüler helfen Schülern, diff. Angebote in AB, schülerorientiertes kleinschrittiges Vorgehen, je nach Jahrgang..., Integration von Wdh. Selbsterneinheiten, Binnendifferenzierung, gezielte Forder und Förderangebote,	Differenzierung
Langsamer, Ich stelle im Moment einer solchen Feststellung während des laufenden Unterrichts diesen um. Wenn es sein muss, auch unter völliger Aufgabe meiner Planung; dann plane ich spontan neu (on the fly), kleinschrittiges Vorgehen, fange wieder von vorne an, schnelleres, langsames Lerntempo, Anpassung des Tempos	Zeit
Keine Angabe, Vermeidung im Vorfeld, ?, Äußerungen zu org. Chemie, hatte diese frage nicht, schüleradäquat, siehe Frage..., adressatengerecht, Waldorfschule, der Unterricht passt sich..., Überprüfung der Kenntnisse zum PSE..., in jeglicher Hinsicht, in manchen Bildungsgängen beh. Ich die FS nicht, SuS da abholen wo sie stehen,	keine (sinnvolle) Antwort

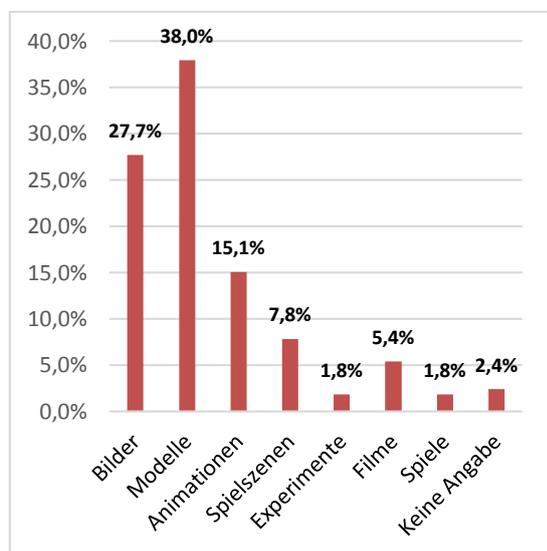
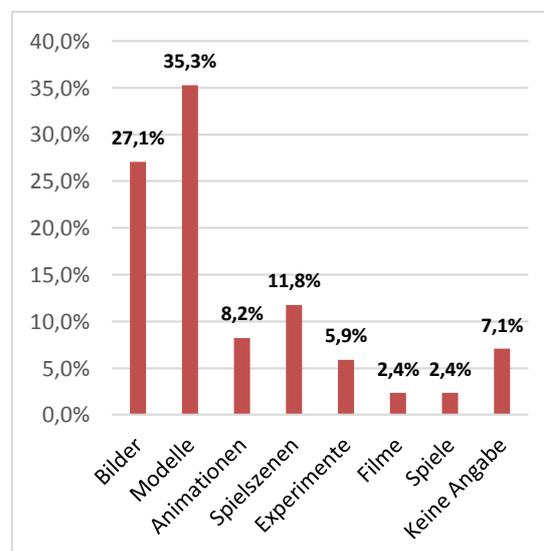


Abbildung 31: Einsatz von Medien GY



HS, RS, GE

### **4.3 Wahrnehmung des eigenen Unterrichts**

Für das Initiieren von Lernprozessen ist eine sinnstiftende Atmosphäre im Unterricht unerlässlich, denn sobald diese Atmosphäre, gestört durch äußere Einflüsse oder Lernschwierigkeiten, nicht hergestellt werden kann, sind Lernprozesse nicht realisierbar. Um diese Einflüsse zu erkennen, müssen Lehrerinnen und Lehrer ihren Unterricht wahrnehmen und auch reflektieren können, um daraus dann Rückschlüsse für folgende Unterrichtsreihen zu ziehen. Ausgehend von den Studien von Ulich (2001), Stürmer (2011) sowie Helmke (2014), die sich mit der Wahrnehmung des Unterrichts beschäftigen, sollte im Rahmen dieser Studie erfragt werden, wie Lehrkräfte Schwierigkeiten während ihres eigenen Unterrichts wahrnehmen und ob sie Instrumente, insbesondere Diagnostik, dafür einsetzen diese Schwierigkeiten zu ermitteln. In einem zweiten Schritt sollten die Probandinnen und Probanden angeben, auf welche Weise sie ihren Unterricht auf diese wahrgenommenen Schwierigkeiten im Rahmen des Themengebiets Formelsprache anpassen.

Dazu ist ihnen die Frage 10 (*Woran erkennen Sie, dass Sie die Lernenden im Unterricht nicht mehr erreichen (unter-oder überfordern)? (offene Frage)*) mit individueller Beantwortungsmöglichkeit gegeben worden und aus den erhaltenen Antworten sind Kategorien (s. Tabelle 23) gebildet worden, welche statistisch ausgewertet worden sind.

**Tabelle 23: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 10)**

<b>Nennung</b>	<b>abgeleitete Kategorie</b>
Unruhe; beschäftigen mit anderen Dingen; Lärm; Privatgespräche; Nebenbeschäftigung; Quatschen; Reden mit Nachbarn; Störungen; Ändern der Kommunikationsstruktur; Verhalten; albern; Körpersprache; Dummheiten; Disziplin Schwierigkeiten; Verhaltensauffälligkeiten; Ablenkung; Nebengespräche; nebenher Aktivitäten	Störung; Unruhe, Nebentätigkeiten
Verweigerung; Beteiligung; Ablehnung; Nachfragen einzelner; zu wenige Meldungen; SuS teilen mir mit...; Konzentrationsschwäche; weniger Mitarbeit; Untätigkeit...; (Un)aufmerksamkeit; Abschalten; Einschlummern; schleppende UG; Desinteresse; Frustration; geringes Feedback; Resignation; Monologe meinerseits; Lernverweigerung; keiner meldet sich; an Fragen; die gestellt werden; nicht mehr arbeiten wollen; UG mit wenigen; Aktivität; Lernunlust; träumen; malen; Verhalten im Unterr.; UG, wenn ein s dem U. nicht mehr folgt; Schweigen;	Beteiligung; Fehlzeiten; Arbeitsverhaltensänderungen
Tests; Übungsaufgaben; Arbeitsaufträge werden nicht verstanden; Probleme bei Hausaufgaben; Arbeitsblätter werden nicht bearbeitet; nicht erl. Aufgaben; Untätigkeit in Arbeitsphasen; Lernerfolgskontrollen; Formulierung phrasenhaft; Ergebnisse schr. Überprüfungen; keine Lösungsansätze; Ich kann das nicht ohne den Versuch einer Lösung; Heftführung; Wenige S. können die Inhalte reproduzieren; Hilflosigkeit...; Fehler; schr. Übungen; keine Hausaufgaben; falsche Beiträge; Aufgaben werden allein und/oder Gruppe nicht gelöst; Spätestens dann; wenn die erworbenen (oder besser gesagt erworben geglaubten) Fähigkeiten im Umgang mit der Formelsprache auf neue Problem- bzw. Aufgabenstellungen übertragen werden sollen; Durch die Anzahl nötiger Wiederholungen bis Fachbegriffe verstanden sind und auch korrekt benutzt werden; Überfordert; Beiträge; Beschwerden; Ich erfrage...;	Ergebnisse schriftlicher Beiträge
Rückmeldung; Frustration; leere Gesichter; fragende Gesichter; Fragende Gesichter; Rückfragen; Gespräch; Nachfragen; SuS teilen mit; Gesichtsausdruck; machen Unmut Luft; Gesichter; Antworten; Rückmeldungen Überforderte... und Unterforderte...; persönliche Rückversicherung;... das versteht ja keiner; Stöhnen; Sie melden sich und sagen dass sie nichts verstehen; an den Fragen der Schüler; Durchhaltevermögen; Beobachtungen; sie äußern nichtverstehen; Klagen; Verhalten; gelangweilte Gesichter; Reaktionen der Lernenden; Facebook und eMail	Direkte mündliche Rückmeldung
Diagnosetests; grüne, gelbe, rote Karte,	Diagnose
	Keine Angabe

Allgemein ist zu erkennen, dass Lehrkräfte ihren Unterricht und ihre Unterrichtsgänge planen sowie die fachlichen Ergebnisse testen. Häufig bemerken Lehrerinnen und Lehrer eine Verhaltensänderung der Schülerinnen und Schüler, nicht unbedingt auf den Unterricht bezogen, selten nehmen sie aber Lernprozesse direkt wahr. Betrachtet man, woran Lehrkräfte erkennen, ob sie die Lernenden im Bereich der Formelsprache richtig eingeschätzt haben, so zeigt sich, dass nur 18,5 % aller Lehrkräfte am Gymnasium und 15,4 % an Haupt-, Real-, sowie Gesamtschule direkte mündliche Rückmeldungen wahrnehmen oder einfordern, der überwiegende Teil merkt eine Änderung beim Sozialverhalten (**Kategorie:** Beteiligung, Fehlzeiten, Arbeitsverhaltensänderungen und **Kategorie:** Störungen, Unruhe, Nebentätigkeiten) (s. Abbildungen 32 und 33). Die Erhebung bezieht sich auf den Zeitraum, indem Formelsprache vermittelt wird.

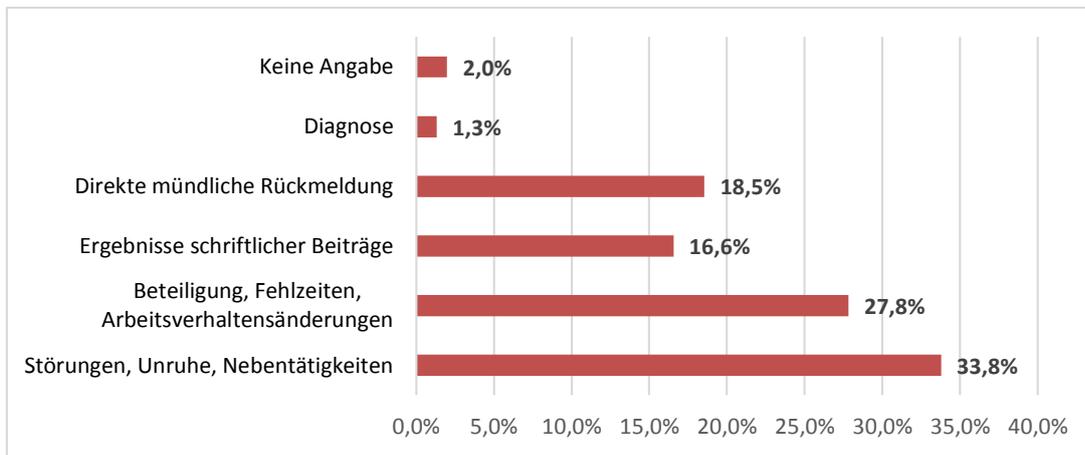


Abbildung 32: Wahrnehmung von Problemen während des Unterrichts am Gymnasium (als Folge von Unter- und Überforderung)

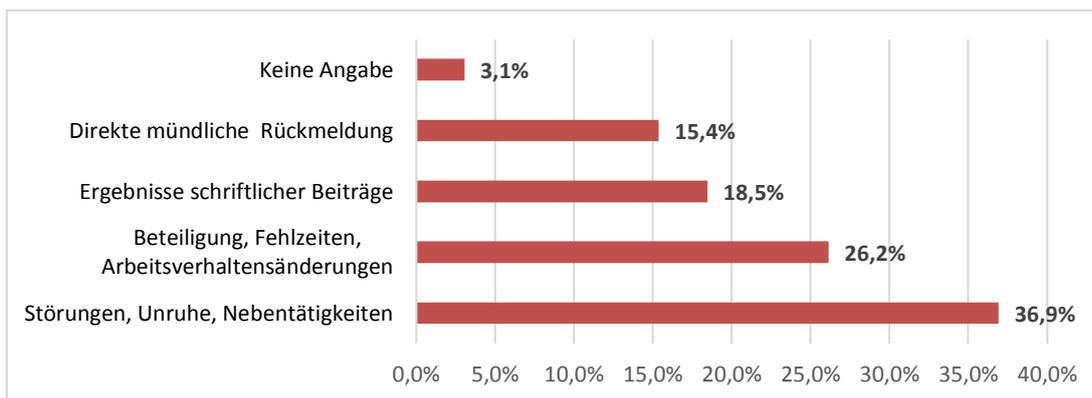


Abbildung 33: Wahrnehmung von Problemen während des Unterrichts an Hauptschule, Realschule und Gesamtschule (als Folge von Unter- und Überforderung)

Diagnostik als sicheres Erhebungsverfahren, im Gegensatz zu den anderen messbaren Wahrnehmungen, spielt in diesem Fall eine geringe Rolle, sie wird hier durch nahezu alle Lehrkräfte ausgeblendet. 1,3 % der Lehrkräfte am Gymnasium sehen darin eine Chance, um auf Erkenntnisse bezüglich einer Über- oder Unterforderung von Lernenden zu gewinnen, in der anderen Gruppe wird Diagnostik überhaupt nicht erwähnt. Vielmehr sind Informationen, wie Ergebnisse schriftlicher Beiträge (GY: 16,6 %, HS, RS, GE: 18,5 %) sowie direkte mündliche Rückmeldungen (GY: 18,5 % HS, RS, GE: 15,4 %) und eine Veränderung des Arbeitsverhaltens von sehr viel größerer Bedeutung (GY: 27,8 %, HS, RS, GE 26,2 %). Untersucht man die Antworthäufigkeiten mit Hilfe des  $\chi^2$ -Testes, so zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

Setzt man Frage 10 und 8 über eine Kreuztabelle in Beziehung, so erhält man ein differenzierteres Bild (s. Tabellen 24 und 25).

- 10 *Woran erkennen Sie, dass Sie die Lernenden im Unterricht nicht mehr erreichen (unter- oder überfordern)?* (offene Frage)
- 8 *Wie untersuchen Sie im Rahmen der Unterrichtsvorbereitung zum Thema Formelsprache die Lernvoraussetzungen der Lerngruppe?* (offene Frage)

5,6 % der Lehrkräfte am Gymnasium verwenden Diagnoseverfahren, um Lernvoraussetzungen zu erfassen und merken eine Unter- bzw. eine Überforderung an Unruhe im Unterricht. 3,2 % dieser Gruppe erkennen diese an unterschiedlicher Beteiligung am Unterricht sowie an den Ergebnissen der schriftlichen Beiträge. 4,0 % sehen diese über direkte Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler. Keine der Lehrerinnen und Lehrer, die sonst Diagnoseverfahren verwendet, setzt diese ein, um eine Unter- bzw. Überforderung zu ermitteln (s. Tabelle 24, blaue Unterlegung).

Eher spielen die Ergebnisse von Lernkontrollen und Tests eine Rolle, um eine Unter- bzw. eine Überforderung zu erkennen. 12 % der Lehrkräfte, die diese Schülerergebnisse heranziehen, bemerken das auch an Unruhe im Unterricht, 8,0 % an einer Veränderung der Beteiligung, interessanter Weise spielen nur bei 6,4 % die restlichen schriftlichen Beiträge eine Rolle und von 7,2 % werden die direkten mündlichen Beiträge herangezogen. 0,8 % diagnostizieren die Unter- bzw. Überforderung dann auch. (s. Tabelle 24, rosa Unterlegung)

Tabelle 24: Wahrnehmung von Problemen und Einsatz von Diagnostik am Gymnasium in Bezug auf die gegebenen Antworten

			Frage_10 (Erkennen Unter- oder Überforderung)						Gesamtsumme
			Störungen, Unruhe, Nebentätigkeiten	Beteiligung, Fehlzeiten, Arbeitsverhaltensänderungen	Ergebnisse schriftlicher Beiträge	Direkte mündliche Rückmeldung	Diagnose	Keine Angabe	
<b>Schultyp Gymnasium</b>									
<b>Frage_8 (Unters. Lernvoraus.)</b>	Durch Beobachtungen	% des Gesamtergebnisses	5,6%	4,0%	0,8%	4,0%	0,0%	0,8%	15,2%
	<b>Durch Diagnose und Fragebögen</b>	<b>% des Gesamtergebnisses</b>	<b>5,6%</b>	<b>3,2%</b>	<b>3,2%</b>	<b>4,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>16,0%</b>
	Durch Tests Lernkontrollen	% des Gesamtergebnisses	12,0%	8,0%	6,4%	7,2%	0,8%	0,0%	34,4%
	Durch Unterrichtsinteraktionen	% des Gesamtergebnisses	4,8%	4,0%	2,4%	4,0%	0,8%	0,0%	16,0%
	Durch den vorhergegangenen Unterricht	% des Gesamtergebnisses	4,8%	2,4%	3,2%	1,6%	0,0%	0,0%	12,0%
	Durch Schüleräußerungen	% des Gesamtergebnisses	2,4%	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	5,6%
	Lehrplan/schulinternes Curriculum	% des Gesamtergebnisses	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%
	Gesamtsumme		Anzahl	44	30	20	28	2	1
		% des Gesamtergebnisses	35,2%	24,0%	16,0%	22,4%	1,6%	0,8%	100,0%

Die Prozentsätze und Gesamtwerte basieren auf Anzahl der Antworten. a. Dichotomiegruppe tabuliert bei Wert 1

Wie diese Erhebung für die restlichen Lehrkräfte (HS, RS, GE) (s. Tabelle 25) ausweist, werden unterschiedliche Lernvoraussetzungen zwar festgestellt, führen aber in den seltensten Fällen zu einer sicheren Analyse spezifischer Vorgehensweisen der Lernenden, um den Stoff zu erfassen bzw. zu den verschiedenen gewichteten Fähigkeiten der jeweiligen Lerngruppe, geschweige denn zu einer differenzierten Einzelanalyse. Störungen, Unruhe (2,4 %) oder einer Veränderung der Beteiligung (4,8 %) und die direkte mündliche Rückmeldung seitens der Lernenden (2,4 %) werden von Lehrkräften diagnostiziert. In dieser Gruppe stehen eher der Unterricht und die Unterrichtsinteraktionen im Vordergrund, um die Über- bzw. die Unterforderung wahrzunehmen.

Vorab werden jedoch kaum die aufgezeigten Hilfsmaßnahmen eingesetzt, um die jeweiligen Fähigkeiten der Lernenden zu diagnostizieren.

Tabelle 25: Wahrnehmung von Problemen und Einsatz von Diagnostik an Haupt-, Real-, und Gesamtschule

Schultyp Hauptschule, Realschule, Gesamtschule			Frage_10 (Erkennen Unter- oder Überforderung)				
			Störungen, Unruhe, Nebentätigkeiten	Beteiligung, Fehlzeiten, Arbeitsverhaltensänderungen	Ergebnisse schriftlicher Beiträge	Direkte mündliche Rückmeldung	Gesamtsumme
Frage_8 (Unters. Lernvoraus.)	Durch Beobachtungen	% des Gesamtergebnisses	7,1%	2,4%	0,0%	4,8%	14,3%
	Durch Diagnose- und Fragebögen	% des Gesamtergebnisses	2,4%	4,8%	0,0%	2,4%	9,5%
	Durch Tests/ Lernkontrollen	% des Gesamtergebnisses	4,8%	2,4%	2,4%	2,4%	11,9%
	Durch Unterrichtsinteraktionen	% des Gesamtergebnisses	9,5%	2,4%	0,0%	7,1%	19,0%
	Durch vorhergegangenen Unterricht	% des Gesamtergebnisses	9,5%	2,4%	7,1%	0,0%	19,0%
	Durch Schüleräußerungen	% des Gesamtergebnisses	9,5%	7,1%	4,8%	4,8%	26,2%
Gesamtsumme		Anzahl	18	9	6	9	42
		% des Gesamtergebnisses	42,9%	21,4%	14,3%	21,4%	100,0%

Die Prozentsätze und Gesamtwerte basieren auf Anzahl der Antworten. a. Dichotomiegruppe tabuliert bei Wert 1.

Um Probleme zu vermeiden bzw. zu minimieren, werden Materialien individuell durch die Lehrkräfte ausgewählt und eingesetzt (Frage 9 (In welcher Hinsicht passen Sie den Unterricht zum Thema Formelsprache an, wenn Sie feststellen, dass er nicht zu den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler passt? (offene Frage)). Die erhaltenen Antworten werden wieder in Kategorien umgesetzt und einer Häufigkeitsanalyse unterzogen (s. Tabelle 26).

**Tabelle 26: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 9)**

<b>Nennung</b>	<b>abgeleitete Kategorie</b>
Modelle; Zeichnungen; Experimente; Modellbaukästen; Anschauungsmaterial; Farben; Visualisieren; Bilder	Abbildungen/Modelle verwenden
Exkurs; Lehrervorträge; Erklärbar; weitere Beispiele; Voraussage von Experimenten; weitere Erklärungen; Elektroneg. Von Pauling...	Hintergrundinformationen vergrößern
Film; starke Visualisierung; Lernprogramm	Filme
Didaktische Medien; Lernprogramm; Animationen; unters. Modelle	Animationen
Vermenschlichung; Ich übersetze die Reaktion in menschliche Bereiche; Verbalisieren im Schülervortrag; Verbalisieren in Alltagssprache; Schülersprache; mehr Bsp. Im Unterricht auch an nicht chem. Inhalten; Darstellung der Atome durch SuS; Beispiele aus dem Alltag; Atome mit Menschen vergleichen; Analogien	Alltagsbezug/Vermenschlichung
Zusätzl. Übungen; Übungsbeispiele; üben; wiederholtes intellig. Üben; weitere Übungsphasen; Erhöhung Übungsanteil;	Mehr Übungen
Reduzieren; Verzicht...; Reduktion; Thematisieren von widersprüchl. Vorstellungen; dies und jedes ist zu lernen; Vereinfachung; herunterschrauben; Mut zur Lücke; Anpassung im UG; weglassen; unters. Modelle;	Geringerer Anspruch; ganz weglassen
Wiederholung; ausführlicher Erklären;... wiederholt...; back to the roots; einschieben von Lerneinheiten; kleinschrittiges vorgehen; fange wieder von vorne an; nochmals besprechen; erneutes Erklären mit and. Ansatz	Mehr Wiederholungen
Vokabelheft; Partnervorträge; Ich kann binnendifferenziert arbeiten; ggf. Differenzierung; Ich stelle im Moment einer solchen Feststellung während des laufenden Unterrichts diesen um. Wenn es sein muss; auch unter völliger Aufgabe meiner Planung; dann plane ich spontan neu (on the fly); modellhafte Beispiele mit schrittweisen zunehmen...; Veränderungen der Aufgaben ; Änderung der Methodik; Einzel- bzw. gruppenarbeit zur gegenseitigen Hilfe ; zuerst einfachere Aufgaben; Mehr Übungen; Gruppenarbeit in heterogenen Lerngruppen; so dass starke Kinder den schwächeren helfen; ind. Förderung; Leistungsdifferenzierte Arbeitsmaterialien sichere Grundlagen schaffen - Förderbörse für einzelne - Lernhilfen (Gebetsmühle, Legosteine etc.) - wird passend Übungen anders differenzieren; Einzelberatung; ggfs. Kür-Aufgaben für Schnellere; Schüler helfen Schülern; diff. Angebote in AB; schülerorientiertes kleinschrittiges Vorgehen; je nach Jahrgang...; Integration von Wdh. Selbstlerneinheiten; Binnendifferenzierung; gezielte Förder und Förderangebote;	Differenzierung; andere Sozialformen
Langsamer; Ich stelle im Moment einer solchen Feststellung während des laufenden Unterrichts diesen um. Wenn es sein muss, auch unter völliger Aufgabe meiner Planung; dann plane ich spontan neu (on the fly); kleinschrittiges Vorgehen; fange wieder von vorne an; schnelleres, langsames Lerntempo; Anpassung des Tempos	Zeitungsfang erhöhen
Keine Angabe; Vermeidung im Vorfeld; ?; Äußerungen zu org. Chemie; hatte diese frage nicht; schüleradäquat; siehe Frage...; adressatengerecht; Waldorfschule; der Unterricht passt sich...; Überprüfung der Kenntnisse zum PSE...; in jeglicher Hinsicht; in manchen Bildungsgängen beh. Ich die FS nicht; SuS da abholen wo sie stehen;	Keine Angabe

Interessanterweise wird bei der Auswahl der verwendeten Unterrichtsmaterialien und Medien besonders der Zugang über visuelle Hilfsmittel bevorzugt genutzt, weniger der Einsatz auditiver Medien wie auch handlungsorientierte Maßnahmen (z.B. Durchführung von Versuchen). In geringem Maße wird den Lernenden für die Bewältigung einer Unterrichtssequenz mehr Zeit zugesprochen. Im

Vergleich zu den gymnasialen Methoden wird in den Schulen des Typs Sekundarstufe-I der Unterrichtsabschnitt hinsichtlich seines Anspruchs auf Wissensvermittlung vermindert bzw. nicht unterrichtet (s. Abbildungen 34 und 35). Bezieht man die registrierten Auffälligkeiten von Schülerinnen und Schülern mit in die Erhebung ein, so zeigt sich, dass mit Wiederholungen und erhöhter Anzahl von Übungen, sowie der Verwendung von Abbildungen und Modellen versucht wird das Thema anschaulicher und „leichter“ verständlich zu machen. Signifikante Unterschiede durch den *Chi<sup>2</sup>-Test* sind bei den Nennungen der Gymnasiallehrkräfte im Bereich „Hintergrundinformationen vergrößern“ ( $\chi^2 = 4,618$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,031$ ) zu finden. „Alltagsbezug, Vermenschlichung herstellen“ ( $\chi^2 = 5,977$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,02$ ) und „Geringerer Anspruch, weglassen“ ( $\chi^2 = 12,799$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,01$ ) tritt vermehrt bei den Nennungen der HS, RS, GE-Lehrkräfte auf. Die übrigen Nennungen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

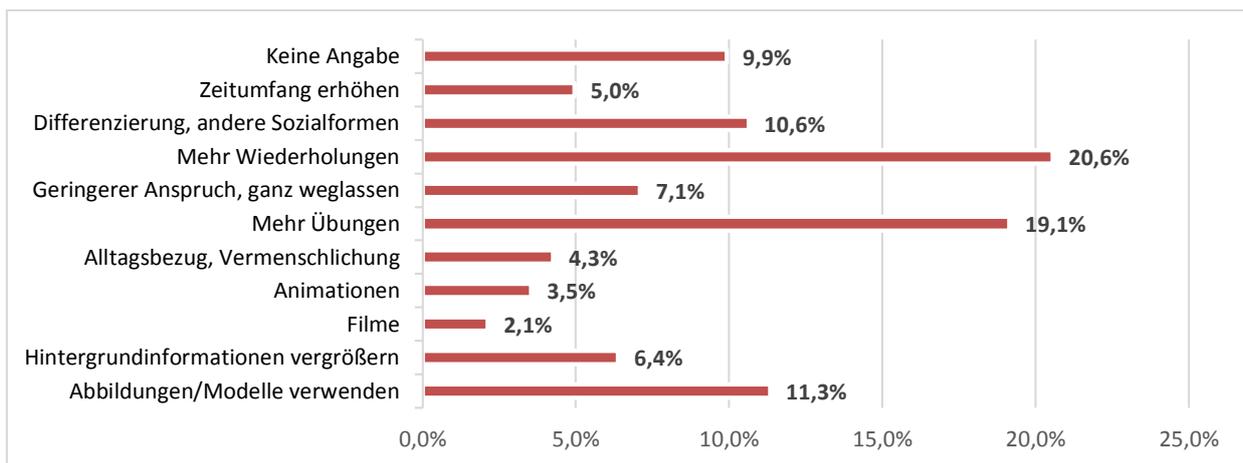


Abbildung 34: Anpassung des Unterrichts bei Verständnisproblemen (GY)

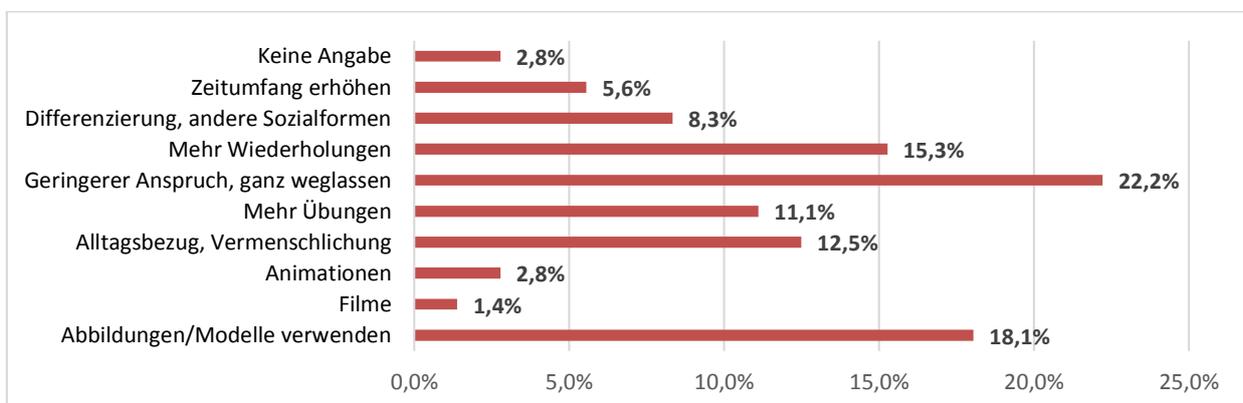


Abbildung 35: Anpassung des Unterrichts bei Verständnisproblemen (HS, RS, GE)

Zusammenfassend lässt sich auf Grund der Erhebung sagen, dass die Mehrzahl der befragten Lehrkräfte zurzeit noch eine geringe Selbstwahrnehmung von ihrem unterrichtlichen Handeln haben dürfte. Sie bemerken am ehesten an Hand der Änderung des sozialen Verhaltens der Lernenden eine Über- oder Unterforderung. Jeweilige Lernprozesse werden meistens über sogenannte ad hoc-

Diagnosen untersucht und noch nicht wirklich hinterfragt. Hier zeigt sich, dass den meisten Lehrkräften auch das notwendige Wissen über die diagnostische Erfassung von Lernprozessen bisher nicht richtig vermittelt worden ist und deshalb in wenigen Fällen eine „geplante Reaktion“ auf Grund diagnostischer Erkenntnisse über Probleme erfolgen kann.

#### **4.4 Diskussion der Ergebnisse der ersten Studie**

Bezieht man die Ergebnisse der Fragebogenstudie auf alltägliche Unterrichtssituationen, so kann man feststellen, dass den Lehrkräften zwar die meisten Probleme im Rahmen der drei Ebenen Abstraktion, Mathematik und Sprache auffallen, es ist aber nicht zu erkennen, ob diese Erkenntnisse Theoriebasiert sind, ob sie aus ad hoc-Diagnosen (Beobachtungen) stammen oder unterrichtsferneren Informationen, wie Gesprächen zwischen Kollegen, entnommen sind.

In der Regel setzen Lehrerinnen und Lehrer Selbstdiagnoseinstrumente ein. Die zeitlich anspruchsvolleren Lehrer-basierten Diagnoseverfahren werden eher im Rahmen der Unterrichtsforschung eingesetzt.

Sieht man sich die vorgestellten Unterrichtsinhalte an, so kann man deutlich erkennen, dass sehr unterschiedlich geplante Unterrichtssequenzen durchgeführt und die vier verschiedenen didaktischen Ansätze sehr individuell umgesetzt werden. Die Kernlehrpläne werden in der Regel sehr am Rande in die Unterrichtsplanung einbezogen – unabhängig von der Ausbildung und dem Lebensalter (bzw. der Unterrichtserfahrung) der planenden Lehrkraft.

Für die Beantwortung der ersten beiden Forschungsfragen FB 1 und 2 (S. 41) ist zusammenfassend zu sagen, dass Diagnostik von Lernprozessen noch nicht effektiv eingesetzt und folglich zur Unterrichtsvorbereitung kaum verwendet wird.

Die in dieser Erhebung gemachten Erkenntnisse zeigen, dass die bisher eingesetzten Methoden den beteiligten Lehrkräften eine nicht gesicherte Basis über die tatsächlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler liefern (vgl. Frage 1 (Bekanntheitsgrad Diagnostik, Fragen 4 – 6 (Metafähigkeiten)). Eher werden viele unterschiedliche Fakten zu einem möglichen Bild zusammengesetzt. Hier werden dann die tatsächlichen Fähigkeiten nur sehr oberflächlich bestimmt und nicht individuell zugeordnet, obwohl den Lehrerinnen und Lehrern mögliche Fehler beim Erlernen des Stoffes bekannt sind. Wenn (auch) Diagnoseverfahren eingesetzt worden sind, so werden die erhobenen Erkenntnisse nicht wirklich in den Unterrichtsprozess integriert.

Weiterhin ist zu sagen, dass viele Lehrkräfte glauben, die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Bereich Abstraktion, Mathematik und Sprache zu kennen. Interessanterweise zeigt sich aber durch die Befragung, dass keine gesicherten Erkenntnisse für diese Einschätzung genannt werden. Der größte Teil der befragten Lehrkräfte verwendet ad hoc-Diagnostik, die eine subjektive Wahrnehmung als Ursache hat und keine tatsächliche Analyse der Unterrichtssituation darstellt. Unterrichtsinteraktionen und Informationen von Kolleginnen und Kollegen sind ebenfalls als

Erhebungsinstrumente genannt worden. Unterrichtsinteraktionen zeigen aber in den meisten Fällen eine Reaktion auf ein Handeln der beteiligten Personen – hier geschieht eigentlich nur mehr eine Folgebeobachtung und nicht ein geplantes Handeln. Diagnostetests werden in auffällig geringem Umfang eingesetzt (s.o.), so dass die Lehrkräfte bei ihrer Einschätzung kaum auf Ergebnisse, die mit dieser Testmethodik zu ermitteln wären, zurückgreifen können.

Hier zeigt sich deutlich, dass Unterricht und Unterrichtsplanung sehr fachmethodisch vorbereitet werden, aber nur selten die Fähigkeiten der Schülergruppe in den Fokus genommen werden. Die subjektive Einschätzung durch die eingesetzten Methoden wird somit in den seltensten Fällen durch eine diagnostische Erhebung gesichert bzw. überprüft, womit die **erste Hypothese (s. S. 40) als bestätigt** gelten kann.

Es zeigt sich hier, unabhängig von den schulinternen Curricula, ein deutlicher Unterschied zwischen gymnasialen Konzepten und den Konzepten der anderen Schultypen. Im Kernlehrplan für Gymnasien soll induktiv (klassisch) über die Herleitung von quantitativ zu bestätigenden Abhängigkeiten die Formelsprache eingeführt werden, erst später wird dann ein wenig auf den modellorientierten Ansatz gewechselt und dann wieder auf den induktiven Weg zurückgegangen. Inhaltlich wird die Formelsprache ausgehend von den Massegesetzen eingeführt und dann über die Beziehungen der Ionenbindung und folgender Einführung der Reaktionsschemata gefestigt. In dem konzipierten Kernlehrplan für Gesamtschulen (inhaltlich identisch mit HS und RS) wird modellorientiert vorgegangen. Es wird die chemische Formel nach modellmäßiger Erklärung des Atomaufbaus und daraus folgend über den Begriff der Wertigkeit entwickelt. In diesem Fall werden den Lernenden an der Gesamtschule nicht mehr die klassischen, mathematisch strukturierten Begriffe chemischer Gesetzmäßigkeiten vermittelt. Stattdessen wird nur eine Möglichkeit aufgezeigt mittels Modellen die Formelsprache zu erlernen und nicht den wissenschaftlichen Erkenntnisweg nachzuvollziehen. Daraus ist zu folgern, dass während des Lernprozesses für die Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten bei der Vernetzung von Wissens-elementen auftreten, da Formelsprache lediglich unter unterschiedlichen Aspekten beleuchtet wird und kein stringenter Weg nachvollzogen von den Lernenden werden kann.

Sieht man sich die möglichen Antworten in der Stichprobe an, so ist festzustellen, dass sich fast alle Gesamtschullehrkräfte für diesen Ansatz entscheiden und die Gymnasiallehrkräfte für ihren o.a. vorgegeben Ansatz.

Im Hinblick auf die gymnasiale Oberstufe und die Ausbildungscurricula von Hochschulen und Lehrberufen ist noch ein genauer Blick auf die Kernlehrpläne zu werfen, da dieser Themenkomplex nur sehr indirekt und in den verschiedenen Schultypen unterschiedlich vermittelt wird. Diese doch sehr unterschiedlichen Herangehensweisen bergen ein großes Fehlerpotential, da die Oberstufen am Gymnasium und an Gesamtschulen gleich gewertet werden. Dennoch liegen große qualitative

Unterschiede zwischen den Unterrichtsinhalten und Unterrichtsmethoden an den genannten Schultypen vor. Die Gleichstellung von Gesamtschule, Realschule, sowie der Hauptschule (und in Zukunft auch Sekundarschule) ist ebenfalls problematisch, da in diesem Fall nur mehr ein namentlicher Unterschied besteht und kein inhaltlicher. Dadurch ist dann eine Differenzierung der einzelnen Schultypen nicht mehr zwingend erforderlich. Falls dann Schülerinnen und Schüler von dem Sek-I-Schultyp auf eine gymnasiale Oberstufe wechseln wollen, sollten für diese noch mehr erforderliche Unterrichtsinhalte angegeben werden, da sonst die viel zu großen Unterschiede von den Lernenden nicht bewältigt werden können. Andernfalls wäre nach Abschluss der Mittelstufe an den Sekundarstufen I-Schulen das fachliche Niveau zu gering für den Übergang in die gymnasiale Oberstufe, was dann zu weiteren Lernschwierigkeiten führen kann.

Da allerdings der Stichprobenumfang bei dieser ersten Feldstudie relativ klein ist, ist zu vermuten, dass das hier gezeigte Bild noch zu keiner allgemein gültigen Aussage führt. Es sind aber sicherlich genügend Anhaltspunkte vorhanden, die die Ergebnisse der Untersuchungen von Unterricht über Formelsprache von Kipker, Heimann und Harsch (2003) sowie Musli (2008) in ihren Studien gezeigt haben, bestätigen. Für die zweite Hypothese lässt sich sagen, dass Lehrkräfte zurzeit noch eine geringe Selbstwahrnehmung ihres unterrichtlichen Handelns haben. Sie bemerken am ehesten an der Änderung des sozialen Verhaltens der Lernenden (Störeffekte oder mangelnde Aufmerksamkeit) deren Über- oder Unterforderung. Diese kann einerseits aus dem Thema Formelsprache erwachsen, andererseits auch andere, hier nicht beleuchtete Ursachen haben. Lernprozesse werden meistens über sogenannte ad hoc-Diagnosen untersucht und nicht wirklich hinterfragt. Es zeigt sich, dass den meisten Lehrkräften auch das notwendige Wissen über die Erfassung von Lernprozessen mittels Diagnostik noch nicht richtig vermittelt worden ist und deshalb in wenigen Fällen eine geplante Reaktion auf auftretende Probleme im laufenden Unterricht erfolgen kann. Hier wird dann versucht eine „Schadensbegrenzung“ für den eigenen Unterricht zu betreiben, indem sehr viele mögliche Varianten von Medieneinsatz „durchprobiert“ werden. In einigen vorgestellten Unterrichtsreihen werden die Inhalte so stark vereinfacht, dass die Schülerinnen und Schüler nur diese Vereinfachung aufnehmen und nicht den tatsächlichen fachlichen Inhalt erfassen können, daher in folgenden Kontexten diesen nicht erkennen oder missdeuten. Damit werden im schlimmsten Fall Fehlvorstellungen und/oder Strategiefehler in das Wissensnetz übertragen und sogar verfestigt aufgenommen, so dass die Anwendung von Formelsprache von den Lernenden nicht bzw. nur in zu geringem Ausmaß begriffen wird. Im Extremfall werden solche Inhalte durch die Lehrkräfte gestrichen, so dass den Lernenden der Zugang zu diesem Wissen sogar versperrt wird, was in Folge zu großen Problemen in der weiteren Bildungsbiographie führen kann, den Lehrkräften allerdings wieder „Ruhe“ im Unterricht bringt.

Diese Erkenntnisse verdeutlichen, dass auch die **zweite Hypothese (s. S. 40)** in ihrer Aussage bestätigt wird. Es zeigt sich, dass Lehrkräfte dringend das erforderliche Wissen benötigen und entsprechende Maßnahmen zur Unterstützung bei der Diagnostik von Lernvoraussetzungen nutzen lernen müssen.

## **5 Entwicklung und Erprobung eines Diagnoseinstruments zur Verbesserung der Diagnosekompetenz von Lehrkräften**

### **5.1 Zielsetzung und Untersuchungsdesign der Studie**

Diagnose von Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern ist zunehmend eine wichtige Aufgabe für Lehrerinnen und Lehrer, die in den Richtlinien der KMK (2004) sowie der EU (2007) gefordert und festgeschrieben worden sind.

Dazu werden inzwischen verschiedene Instrumente entwickelt, die die Lehrkräfte dabei unterstützen sollen diagnostische Urteile zu bilden. Dafür werden unterschiedliche Herangehensweisen und Materialien in der vorher untersuchten Literatur beschrieben (s. Kapitel 3).

Im Rahmen dieser Studie soll ein einfaches Diagnoseinstrument getestet werden, das die Metafähigkeiten im Bereich Abstraktion, Mathematik und Sprache der Schülerinnen und Schüler direkt benennt. Dieses Instrument soll einfach durch Lehrkräfte anzuwenden sein und eine gesicherte Diagnose dieser Fähigkeiten durch die Lehrkraft ermöglichen.

- Es soll im Rahmen einer Intervention ermittelt werden, ob beim Einsatz des Diagnoseinstrumentes tatsächlich die Metafähigkeiten ermittelt werden.
- Es sollen Erkenntnisse gewonnen werden, wie Lehrkräfte diese ermittelten Metafähigkeiten von Schülerinnen und Schülern in ihre Unterrichtsplanung einbeziehen.

An dieser Interventionsstudie sollen möglichst viele Schulen teilnehmen, damit die Stichprobe so groß ist, dass gesicherte Informationen über die Aussage der diagnostischen Relevanz des entwickelten Verfahrens getroffen werden können.

An den beteiligten Schulen sollen insbesondere die achte Jahrgangsstufe untersucht werden, da in dieser Jahrgangsstufe die Formelsprache vermittelt wird (siehe Kapitel 2). Innerhalb der jeweiligen Schule sind dann im Idealfall durch eine Lehrkraft zwei Klassen parallel zu unterrichten, um einen Vergleich zwischen der Interventionsgruppe mit einer herkömmlich unterrichteten Lerngruppe zu erhalten. Es wird auch bewusst verzichtet die Schülerinnen und Schüler mit dem Testleiter bekannt zu machen, um die erhaltenen Ergebnisse weitestgehend neutral zu bewerten. Die Studie hat ein „prae-post-follow-up Design“, um den Lernzuwachs in Interventions- und Referenzgruppe zu ermitteln.

Es wird bewusst keine normierte Unterrichtsreihe eingesetzt, da aus vorhegenden Studien, wie z.B. Musli (2008) und auch der eigenen ersten Studie bekannt ist, dass Formelsprache trotz Vorgaben sehr individuell unterrichtet wird. Weiterhin ist auch Authentizität der Lehrkraft höher, wenn sie eine eigenes Unterrichtskonzept anstatt eine Vorgabe verwendet. Bevor die Untersuchung gestartet wird mit den beteiligten Lehrkräften versucht ein verbindlicher Terminplan zu gestalten, um alle Schritte der Studie sinnvoll in den Unterrichtsalltag der Schule zu integrieren. Abschließend sollen die Lehrkräfte über ihre Erfahrungen sowie Probleme interviewt werden.

Das Diagnoseinstrument und der Leistungstest werden vorab entwickelt, da das sie unabhängig von der geplanten Unterrichtsreihe eingesetzt werden sollen.

## 5.2 Entwicklung des Diagnoseinstrumentes

Dieser Diagnosetest ist nach Sichtung mehrerer bekannter Diagnoseverfahren entwickelt worden. Solche Tests werden oft in Unternehmen im Rahmen von Bewerbungsverfahren verwendet, um Grundkenntnisse der zukünftigen Auszubildenden zu ermitteln. In diesen Tests werden die Abstraktions- und die Sprachfähigkeit sowie mathematischen Fähigkeiten ermittelt. Um die Frageformate kennen zu lernen sind der Diagnostische Test „Deutsch DTD“ (1980), der Berufsbezogene Rechentest „BRT“ (1986) und der „Kognitive Fähigkeits-Test für die 5.-12./13. Klassen KFT“ (2000), meinerseits gesichtet worden. Daraufhin wurde in Anlehnung an diese Tests ein „Urtest“ entwickelt, der mit 15 Freiwilligen durchgeführt worden ist, um Frageformate zu überprüfen. In Folge wurde mit Unterstützung des Methodenbüros der Universität Hildesheim dann die endgültige Version erarbeitet, die anschließend pilotiert worden ist.

### 5.2.1 Diagnose der mathematischen Fähigkeiten – Beschreibung der Aufgabentypen

Die Ermittlung der notwendigen mathematischen Fähigkeiten wie die Bildung des kgV oder der Dreisatz ist ein wesentlicher Bestandteil der Diagnose, da im Chemieunterricht bei der experimentellen Bestimmung von Reaktions- und Massenverhältnissen mathematische Zusammenhänge eine große Rolle spielen. Diese Fähigkeiten sollten eigentlich im Rahmen des Mathematikunterrichtes vermittelt worden sein. Ein besonderes Augenmerk ist hier auf die richtige Setzung von Koeffizienten und Indices zu richten. Eigentlich sind für die Schülerinnen und Schüler nur sehr einfache mathematische Rechenoperationen zu erfüllen, wie beispielsweise die Koeffizienten mit Hilfe der Bestimmung des kleinsten gemeinsamen Vielfachen zu ermitteln.

Im Rahmen dieses Testabschnittes sollen einfache und komplexere Fähigkeiten diagnostiziert werden, um zu erkennen, welche die Lernenden besitzen. In einem ersten Schritt sollen sie einfache mathematische Zusammenhänge erkennen und erklären. Es ist nicht jedem Lernenden bewusst, was mit dem Begriff des kleinsten gemeinsamen Vielfachen gemeint ist. Weiterhin bildet auch der Begriff *Verhältnis* in mathematischen Zusammenhängen und erst Recht in chemischen Zusammenhängen für viele Schülerinnen und Schüler ein großes Problem. Des Weiteren sollen von den Schülerinnen und Schülern in der Aufgabenstellung Sachinformationen zu einem Lösungsweg kombiniert und die Aufgabe als „richtig“ oder „falsch“ erkannt werden. Um diese Entscheidung zu treffen, müssen sie einen Lösungsweg erkennen und ggf. auch schriftlich darstellen können. Daraus kann man den Verständnisweg ableiten und nachvollziehen, ob ein gelernter Lösungsalgorithmus angewendet wird. In Abbildung 36 ist die endgültige Aufgabe 1 zu sehen, für jede richtige Lösung gibt es einen Punkt.

Insgesamt können fünf Punkte erreicht werden. Die erste Teilaufgabe kann man durch einfache Multiplikation und Vorwissen aus der sechsten Klasse ermitteln. Die zweite Teilaufgabe ergibt sich aus dem Auflösen einer Verhältnisgleichung und anschließendem erweitern ( $20/1 = 30/x$ ;  $\rightarrow 1:1,5 = 2:3$ ). In der dritten Teilaufgabe soll der Dreisatz angewendet werden (Lösung 18,66 EUR). In der vierten Teilaufgabe ist wieder Vorwissen abgefragt worden, hier kann man anhand der Zahlen erkennen, dass das Ergebnis stimmt. In der letzten Teilaufgabe ist wieder der Dreisatz anzuwenden. Hier sind die wesentlichen Daten zu entnehmen (5 Druckerpressen = 6 Tage  $\rightarrow$  1 Druckerpresse = 30 Tage  $\rightarrow$  6 Druckerpressen = 5 Tage). Sinnvoll ist es die komplexeren Aufgaben schriftlich zu lösen. Die Verwendung eines Taschenrechners ist optional. Hier müssen Lösungsalgorithmen beherrscht werden, die erst zum Schluss den Einsatz eines Taschenrechners notwendig machen. Problematisch hierbei sind wahrscheinlich die komplexeren Aufgaben, welche die Verwendung des Dreisatzes erfordern.

### **Mathematische Fähigkeiten**

Bei diesem Testabschnitt soll Deine mathematische Fähigkeit eingeschätzt werden.

**Treffen folgende Aussagen zu?**

	<b>Aussage</b>	<b>wahr</b>	<b>falsch</b>
1.	Das kleinste gemeinsame Vielfache von 8 und 7 ist 56.		
2.	Wenn der erste Kirchturm einer Kirche 20 m hoch ist und der zweite Kirchturm 30 m hoch ist, beträgt ihr Größenverhältnis 2 zu 3.		
3.	wenn 3 kg einer Chemikalie 8 Euro kosten, dann kosten 7 kg dieser Chemikalie 21 Euro.		
4.	Der größte gemeinsame Teiler von 24 und 8 ist 8.		
5.	Wenn 5 Druckerpressen 10000 Zeitschriften in 6 Tagen herstellen, dann benötigen 6 Druckerpressen für die gleiche Anzahl an Zeitschriften nur 5 Tage.		

Du hast **10 Minuten** Zeit für diesen Test.

### **Mathematische Fähigkeiten**

1 w, 2 w, 3 f, 4 w, 5 w

Abbildung 36: Aufgabe 1: Mathematische Fähigkeiten inkl. Lösung

## 5.2.2 Diagnose der sprachlichen Fähigkeiten – Beschreibung der Aufgabentypen

Die sprachlichen Fähigkeiten spielen beim Erlernen der Formelsprache ebenfalls eine wichtige Rolle, da viele Informationen über textliche Inhalte weitergegeben werden.

Im dafür vorgesehenen Testabschnitt wird ein besonderes Augenmerk auf die Lesekompetenz der Lernenden gelegt, um herauszufinden, inwieweit sie einem Text notwendige Informationen entnehmen können. Die grundständige Lesekompetenz wird in Nordrhein-Westfalen im Rahmen des Duisburger Sprachstandstests (Pietsch, H., & Theunissen, 2007-2011) in der fünften Jahrgangsstufe diagnostiziert. Dadurch bekommen die Deutschlehrkräfte einen ersten Eindruck von der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler sinnennehmend lesen zu können. Im naturwissenschaftlichen Bereich wird zurzeit noch gar nicht getestet, wie weit in den folgenden Jahrgangsstufen die Lesefähigkeiten fortgeschritten sind. Deswegen soll diese Fähigkeit an einem komplexeren Text diagnostiziert werden.

Im Rahmen der Testaufgabe sollen die Schülerinnen und Schüler aus einem Text eine Mind-Map oder eine Tabelle entwickeln. Dabei zeigt sich, ob sie Informationen filtern und in eine andere Darstellungsform umsetzen, also eine Instruktion ausführen, können. Ein weiteres Testmodul dient der Konzentrationsfähigkeit beim Lesen. Hier soll ermittelt werden, wie gut Lernende Symbole erkennen. In den nachstehenden Abbildungen 37 - 39 sind die endgültigen Aufgaben mit den Musterlösungen zu sehen. Für jede richtige Lösung gibt es einen Punkt, Teilpunkte für anteilig richtige Lösungen werden ebenfalls gegeben. Für die Erstellung der Mind-Map sind insgesamt acht Punkte vorgesehen, für den Lesekonzentrationstest insgesamt 17 Punkte.

### **Sprachliche Fähigkeiten**

In diesem Testabschnitt sollst du darstellen, wie gut Du schon einen Text in eine graphische Information umsetzen kannst. Im zweiten Testabschnitt soll überprüft werden, wie gut Du Symbole filtern kannst übersetzen kannst.

**Stelle den Begriff „Element“ graphisch in einer kleinen „Mindmap“ dar:**

#### **Elemente –Erklärung für einen Begriff aus der Antike**

Schon vor 2500 Jahren sprach man in der Antike von „Elementen“. Die Menschen verstanden aber etwas ganz anderes darunter als heutzutage. Die führenden Philosophen Empedokles, Platon und Aristoteles erklärten, dass alle Stoffe aus den vier Elementen Feuer, Wasser, Luft und Erde aufgebaut sind. Diese unzertrennbaren Urstoffe haben folgende gegensätzliche Eigenschaften. Erde - kalt und trocken, Feuer - warm und trocken, Luft - warm und feucht und Wasser - kalt und feucht.

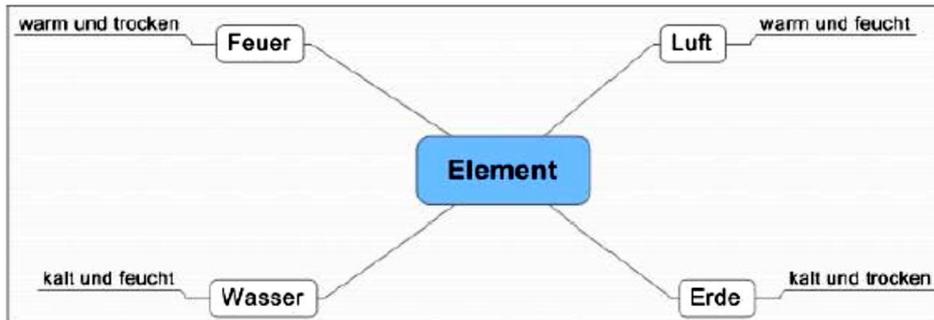
Quelle: Chemie Interaktiv Niedersachsen, Cornelsen 2011, S.171 gekürzt und verändert

Du hast **5 Minuten** Zeit für diesen Test.

Abbildung 37: Aufgabe 2: Sprachliche Fähigkeiten (instruktionales Lesen)

## Sprachliche Fähigkeiten

### Mindmap



bzw.

	kalt	warm
trocken	<b>ERDE</b>	<b>FEUER</b>
feucht	<b>WASSER</b>	<b>LUFT</b>

Abbildung 38: Musterlösungen Aufgabe 2 (alternativ)

Suche in der Zeichenabfolge den Buchstaben „A“. Wie oft taucht er auf?

2512022A3645456587989580425125459867983612104541255476978  
 90445040A014241254542155454545422154547585724211123235869  
 8989787894562514211558879A9895847562045105501424586985512  
 3248856565225512521542545512425151454251212151225151242541  
 521452514254585487542515125445A42158579763521204540404545  
 545454554545454548754214578587997863121346597585212125221

A erscheint \_\_\_\_mal

Abbildung 39: Aufgabe 3: Sprachliche Fähigkeiten: Lesekonzentrationstest (Symbolsuche)

### 5.2.3 Diagnose der Abstraktionsfähigkeit – Beschreibung der Aufgabentypen

Räumlich-visuelles Vorstellungsvermögen ist für die Darstellung von Formelsymbolen ein zentraler Punkt, denn hier zeigt sich, wie Atome in Atomgruppen oder Molekülen angeordnet sind. Haben Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit erworben sich solche Vorgänge räumlich-visuell vorzustellen, so sind sie in der Lage, existente Strukturen zu erkennen und Muster aufzuzeigen, die realen Bindungszuständen entsprechen können. Sobald das von den Lernenden erreicht ist, kann von der submikroskopischen Ebene in die Modellebene gewechselt werden.

Die räumlich-visuelle Abstraktionsfähigkeit kann man sehr einfach mit dem Paper-Folding-Test diagnostizieren (Ekstrom, French, Harmann, & Dermen, 1976). Bei dieser Methode wird nach Faltung eines Papierbogens in Form einer Bildfolge die jeweilige Lage eines Punktes im Raum gezeigt. Den

Schülerinnen und Schülern werden unterschiedliche räumliche Darstellungen der Lage der Punkte vorgelegt, aus denen die richtige Lösung herauszufinden ist.

Mit dieser Methode lassen sich schnell das räumliche Verständnis und die Genauigkeit der Verfolgung eines Prozesses (hier Faltprozess) ermitteln. Wichtig dabei ist, dass die Bearbeitung innerhalb eines vorgegebenen Zeitrasters geschieht.

Für jede richtig erkannte Figur erhält man einen Punkt, insgesamt sind sechs Punkte zu erreichen.

In der folgenden Abbildung 40 ist die endgültige Aufgabe zu sehen.

**Finde die richtige Abbildung heraus und kreuze die richtige Abbildung an.  
(Nur eine dieser 5 Abbildungen ist richtig.)**

**Beispiel:**

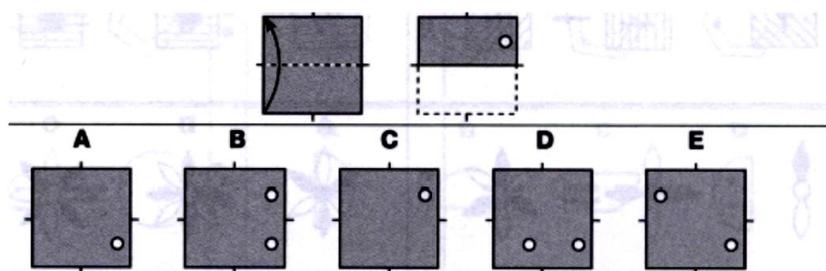


Abbildung 40: Abstraktionsfähigkeit: Paperfolding-Test

## 5.3 Pilotierung und Erhebung der Testgüte (Objektivität, Reliabilität und Validität)

### 5.3.1 Pilotierung des Diagnosetests

Im ersten Schritt ist die Urform des Diagnosetests mit einzelnen Schülerinnen und Schülern im Schuljahr 2011/2012 durchgeführt worden, um das Frageformat auszuprobieren und zu optimieren, sowie eine geeignete Aufgabenauswahl und Bearbeitungszeit zu finden. Nach dieser Phase ist die Pilotform des Fragebogens fertiggestellt und in einem zweiten Schritt im Schuljahr 2012/2013 in einem achten Jahrgang eines Gymnasiums und einer Gesamtschule mit jeweils zwei Klassen (56 SuS GY, 42 SuS GE) unter Testbedingungen pilotiert worden. Die Ergebnisse sind mit den Resultaten der gleichen Klassenstufen, ermittelt nach der Lernstandserhebung (117 Aufgaben; 90 min) (Ministerium für Schule und Weiterbildung, 2013) aus dem Jahr 2013 verglichen worden, um eine Verifikation des Diagnosetests zu erhalten. Die Lernstandserhebung in Nordrhein-Westfalen testet das Lernniveau der Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe in den Fächern Deutsch, Mathematik und Englisch. Die Ergebnisse der Erhebung werden den Lernenden rückgemeldet, haben aber für die eigentliche Schulkarriere keine weitere Bedeutung, da die Ergebnisse nicht bewertet werden. Zu betonen ist hierbei, dass die Testaufgaben zur Lernstandserhebung nicht jeweils von der unterrichtenden Lehrkraft konzipiert werden, sondern zentral entwickelt worden sind. Durch die rechtlichen

Beschränkungen der Datennutzung der Lernstandserhebung war es nicht möglich, Aufgaben aus diesem Test zu entnehmen, sodass hier ein eigener Test entwickelt werden musste. Die Aufgabentypen des entwickelten Diagnosetests sind so konstruiert worden, dass sie sich in das Leistungsniveau der achten Jahrgangsstufe einpassen und vergleichbar mit jenen der Lernstandserhebung sind. Der endgültige Diagnosetest umfasst 22 Aufgaben mit einer Bearbeitungszeit von 30 Minuten.

### 5.3.2 Objektivität des Diagnosetests

Die Kriterien der *Durchführungsobjektivität* sind hinreichend erfüllt, da die Testbedingungen standardisiert sind, denn das Material und die Testanweisung sind für alle Tests gleich. Für die wissenschaftliche Untersuchung waren die Probandinnen und Probanden dem Testleiter nicht bekannt, so dass hier keine beeinflussende Interaktion zwischen ihnen stattfinden konnte. Deshalb ist eine objektive Durchführung gewährleistet. Zur Auswertung (*Auswerteobjektivität*) ist zu sagen, dass hier eine relative Objektivität vorhanden ist, da nicht alle Antworten durch vorgegebene (gebundene) Antworten dargestellt werden konnten. Das gilt besonders im Bereich des instruktionalen Lesens und der daraus resultierenden Aufgabe, weil eine offene Form der Antwort gewählt worden ist. Die *Interpretationsobjektivität* wird erfüllt, indem aus den Punktwerten die jeweilige Fähigkeit abgelesen wird, d.h. je höher die erreichte Punktzahl ist, desto besser ist die jeweilige Fähigkeit ausgeprägt. Einschränkungen ergeben sich hierbei durch die Intuition und die Erfahrung des Testleiters, da er in gegebene Antworten interpretieren könnte (Wutke, 2008).

### 5.3.3 Reliabilität und Trennschärfe des Diagnosetests

Um die statistische Aussagekraft des Diagnosetests im Vergleich zur Lernstandserhebung zu erhalten, sind alle Fragen und Antworten der Lernstandserhebung und des entwickelten Diagnosetests in dichotome Variablen umgesetzt worden. Anschließend ist eine *Reliabilitätsanalyse* mit Hilfe des o.a. Statistikprogrammes (SPSS, Version 20-22) durchgeführt worden. Die Genauigkeit von Aussagen der Lernstandserhebung ist für die dauernde Verwendung statistisch detailliert ausgewertet worden (Fuhrmann, 2009), damit kann dieses Testverfahren als Referenz herangezogen werden.

Aus den Berechnungen ergibt sich für die Aussagefähigkeit der Ergebnisse für Lernstandserhebung (s. Tabelle 27) und Diagnosetest (s. Tabelle 28) der nachstehende Koeffizient der Reliabilität (*Cronbachs Alpha*), die demnach als „sehr gut“ bezeichnet werden kann, da der Koeffizient über dem kritischen Wert von 0,65 liegt (Bortz, 2005):

Tabelle 27: Reliabilität: Lernstandserhebung

Cronbachs Alpha	Cronbachs Alpha für standardisierte Items	Anzahl der Items
0,855	0,858	115

**Tabelle 28: Reliabilität: Diagnosetest (Gesamttest)**

Cronbachs Alpha	Cronbachs Alpha für standardisierte Items	Anzahl der Items
0,853	0,850	23

Untersucht man die Fragenkomplexe für den mathematisch-abstrakten Bereich und den sprachlichen Fragenkomplex, so zeigt sich auch hier dass die Reliabilitätskriterien erfüllt werden (s. Tabellen 29 und 30):

**Tabelle 29: Reliabilität: Diagnosetest (mathematisch-abstrakter Fragenkomplex)**

Cronbach-Alpha	Anzahl der Items
0,682	11

**Tabelle 30: Reliabilität: Diagnosetest (sprachlicher Fragenkomplex)**

Cronbach-Alpha	Anzahl der Items
0,897	12

Anschließend wird die Trennschärfe (Bortz, 2005) des Diagnosetests bestimmt. Die Trennschärfe sagt aus, wie gut eine Frage eines Tests das Gesamtergebnis eines Tests repräsentiert. Man berechnet dazu den korrigierten Trennschärfekoeffizienten. Eine mittelmäßige Trennschärfe liegt vor, wenn der Trennschärfe-Koeffizient zwischen 0,3 und 0,5 hat, eine gute Trennschärfe wird erreicht, wenn der Koeffizient einen Wert von größer als 0,5 hat (s. Tabelle 31, blaue Markierung). Eine hohe Trennschärfe weist aus, dass diese Frage von den Schülerinnen und Schülern, die im gesamten Diagnosetest besser abgeschnitten haben, eher korrekt beantwortet wurde als von Lernenden, die im gesamten Diagnosetest schlecht abgeschnitten haben. Eine geringe Trennschärfe (kleiner 0,3) deutet darauf hin, dass diese Frage nicht genügend zwischen guten schlechten Schülerinnen und Schülern differenziert.

Für den mathematischen sowie den Konzentrations-Fragenkomplex ist die Trennschärfe deutlich geringer als für den sprachlichen Fragenkomplex und unterschreitet den notwendigen Wert von 0,3. Damit weisen die erhaltenen Ergebnisse zwar auf mögliche im Defizite hin, sind aber nicht eindeutig. Hier zeigt sich, dass Ergebnisse eher durch Nichtwissen oder Raten zu Stande kommen, als durch Anwendung von Lösungsalgorithmen. Für die Interpretation der Daten bedeutet dies, dass die hier gewonnen Daten nur als ein Indiz für ein Defizit gewertet werden können und nicht eindeutig auf Probleme hinweisen. Es ist möglich, dass die Aufgaben zu schwierig gestellt worden und folglich zu oft falsche Antworten gegeben worden sind, was darauf hinweist, dass dieses Diagnoseverfahren im unteren Lernniveau noch nicht ausreichend differenziert. Eine negative Trennschärfe tritt auf, wenn

von schlechten Lernenden mehr durch Raten Punkte erzielt worden sind als von Guten, die versucht haben, die richtige Lösung zu ermitteln (Bortz, 2005).

Tabelle 31: Trennschärfe Diagnosetest (bezogen auf den Gesamttest)

Item-Skala-Statistik				
Aufgabe	Mittelwert skalieren, wenn Item gelöscht	Varianz skalieren, wenn Item gelöscht	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbach-Alpha, wenn Item gelöscht
<b>Mathematische Fähigkeiten 1</b>	13,732	25,051	0,190	0,854
2	13,878	25,810	0,009	0,861
3	13,610	25,094	0,246	0,851
4	13,732	25,351	0,122	0,856
5	13,732	25,101	0,179	0,854
<b>Sprachliche Fähigkeiten 1</b>	13,756	22,789	0,706	0,835
2	13,756	22,789	0,706	0,835
3	13,756	22,789	0,706	0,835
4	13,780	22,576	0,739	0,833
5	14,049	22,498	0,710	0,834
6	14,073	22,570	0,701	0,834
7	14,073	22,570	0,701	0,834
8	14,073	22,570	0,701	0,834
<b>Sprachliche Fähigkeiten (Konzentration) 1</b>	13,463	26,105	0,000	0,853
2	13,683	25,172	0,180	0,853
3	13,634	25,338	0,162	0,853
4	13,780	24,826	0,225	0,853
<b>Abstraktionsfähigkeit 1</b>	14,024	25,174	0,134	0,857
2	13,854	23,178	0,564	0,840
3	13,902	23,190	0,550	0,840
4	13,805	23,461	0,519	0,842
5	13,976	24,924	0,183	0,855
6	14,073	24,120	0,359	0,848

#### 5.3.4 Validität des Diagnosetests

Prüft man den Diagnosetest auf Validität, so müssen mehrere der Validitätskriterien (Lienert, 1994) erfüllt werden, um von einer hinreichenden Validität des Diagnosetests auszugehen.

Untersucht man die *Konstruktvalidität* (Zusammenhang zwischen einem neuen Testverfahren und einem ähnlichen, erprobten Testverfahren) der beiden Diagnoseverfahren, so ist einerseits zu sagen, dass die verschiedenen Konstrukte (hier die zu ermittelnden Metafähigkeiten), des Tests mit nahezu gleichen Methoden erfasst werden. Die verwendeten Testmethodiken sollten sich nicht voneinander

unterscheiden, da diese Verfahren den Schülerinnen und Schülern vertraut sind und so hier keine Abweichungen durch unterschiedliche Testmethoden auftreten sollten. Laut Wutke (2008) sollen die mit einer ähnlichen Methode erfassten Metafähigkeiten eine niedrige Korrelation aufweisen (s. Tabelle 32). Die hier ermittelte Korrelation zeigt einen relativ niedrigen Wert, was zeigt, dass der erstellte Diagnosetest als signifikant valide gelten kann.

**Tabelle 32: Konstruktvalidität: Diagnosetest (Korrelation LSE, Diagnosetest)**

		Ergebnis Diagnosetest
Ergebnis LSE (Lernstandserhebung)	Pearson- Korrelation	0,470**
	Sig. (2-seitig)	0,002
	N	41

\*\* . Korrelation ist bei Niveau 0,01 signifikant (zweiseitig).

Untersucht man die *Kriteriumsvalidität (Zusammenhang der Messergebnisse mit einem anderen Kriterium, z.B. der Zensur)*, so zeigt sich, dass die erreichten Zensuren im Fach Chemie unabhängig von den Ergebnissen des Diagnosetests sind. Das dieses Diagnoseverfahren Fachwissen nicht (wie etwa Leistungstests) direkt ermittelt, sondern Metafähigkeiten, die zum Erlernen von Formelsprache notwendig sind, ist eine geringe Korrelation zwischen den Ergebnissen des Diagnosetests und den aus Leistungsnachweisen ermittelten Zensuren erwünscht (siehe Tabelle 33). Damit diese Diagnose unabhängig von Notengebung erfolgen kann sind keine bewertenden Prüfungsfragen bezogen auf den Unterrichtsstoff, sondern Testfragen zur Erfassung der Metafähigkeiten erstellt worden, die nicht für Prüfungsergebnisse herangezogen werden sollen. Daher ist eine geringe Korrelation zwischen Prüfungs- und Testfragen für deren wertfreie Einordnung Ziel der Korrelationsanalyse.

**Tabelle 33: Kriteriumsvalidität: (Korrelation Diagnosetest-Zensur Chemie)**

		Ergebnis Diagnosetest	Zensur
Ergebnis Diagnosetest	Pearson- Korrelation	1	-0,169
	Sig. (2-seitig)		0,290
	N	41	41

\*\* . Korrelation ist bei Niveau 0,01 signifikant (zweiseitig).

### 5.3.5 Testfairness und Testökonomie

Sieht man sich das Kriterium der *Testfairness* an, so ist für dieses Diagnoseverfahren zu sagen, dass alle Probandinnen und Probanden gleiche Chancen auf ein entsprechendes Testergebnis haben können, da die Metafähigkeiten im Rahmen des Unterrichts der anderen Unterrichtsfächer vermittelt werden. Systemspezifisch gibt es trotz Vorgaben und Absprachen Unterschiede bei den Vermittlungsstrategien

der Lehrkräfte, die den jeweiligen Inhalt vermitteln, was zu Differenzen bei der Herausbildung der jeweiligen Metafähigkeiten seitens der Lernenden führen kann (Wutke, 2008).

Beurteilt man die *Testökonomie*, so ist zu dem vorgestellten Diagnoseverfahren zu sagen, dass es keine spezifischen Voraussetzungen seitens der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte benötigt. Zeitlich ist eine Unterrichtsstunde für die Durchführung und etwa eine Stunde für die Auswertung anzusetzen, was deutlich unter dem zeitlichen Niveau von vergleichbaren Diagnoseverfahren liegt (Wutke, 2008).

Die mit Hilfe dieses konzipierten Diagnoseverfahrens gewonnenen Ergebnisse können direkt in die Unterrichtsplanung integriert werden sowie für die individuelle Förderung von Schülerinnen und Schülern dienen, da die Lehrkraft die Auswertung mit Hilfe einer Schablone durchführen kann.

Aus diesen Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass mit Hilfe dieses entwickelten Diagnoseverfahrens im Vergleich zu der Lernstandserhebung die beschriebenen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler glaubwürdig erfasst werden können. Der entwickelte Diagnosetest ist im Anhang II.1 einzusehen.

## **5.4 Entwicklung des Leistungstests**

Der Leistungstest dient, dazu die im Rahmen der Unterrichtsreihen vermittelten Inhalte zum Themenbereich Formelsprache zu messen. Er soll unabhängig von den Inhalten der Unterrichtsreihen sein, da die Lehrkräfte verschiedene Inhalte dazu vermitteln. Wesentlich ist, dass bei allen inhaltlichen Unterschieden Formeln mit Hilfe eines möglichen Algorithmus hergeleitet und benannt sowie die wesentlichen Kenngrößen verwendet werden können. Weiterhin soll die Verwendung der chemischen Fachsprache ermittelt werden, was im Allgemeinen durch eine Beschreibung eines bekannten, aber doch komplexen Vorganges überprüft werden kann.

Abschließend soll gemessen werden, wie beschriebene Prozesse in ein Reaktionsschema und anschließend in eine Reaktionsgleichung umgesetzt werden können. Diese Umsetzung von makroskopischen Beobachtungen in submikroskopische Vorgänge ist ein großes Problem bei vielen Lernenden [vgl. Hinton und Nakhleh (1999), Kelly, Barerra und Mohamed (2010)].

Dieser Test ist im Schuljahr 2011/2012 ausprobiert worden, um unterschiedliche Fragetypen überprüfen zu optimieren. Dazu ist der Test mit einer kleinen Gruppe von Gesamtschülerinnen und –schülern durchgeführt worden. Aus diesen Ergebnissen haben sich dann die hier eingesetzten Fragen als günstig erwiesen.

### **5.4.1 Die Bedeutung von Index und Koeffizient (Aufgabe 1)**

Dazu sind in der ersten Aufgabe des Leistungstests die Bedeutung der Begriffe Index und Koeffizient einer chemischen Formel erfragt worden. Die Schülerinnen und Schüler sollten in einer Lücke ausfüllen

auf was sich die jeweilige Größe in einer chemischen Formel bezieht und an welcher Stelle diese sich befindet (s. Abbildung 41).

Diese Aufgabe ist entwickelt worden, weil aus der Literatur, wie z.B. Schmidt (1990) und Musli (2008) sowie der eigenen Fragebogenstudie bekannt ist, dass Lernende diese Begriffe nicht richtig anwenden können und verwechseln. Jede richtig ausgefüllte Lücke ist mit einem Punkt bewertet worden.

**1. Ergänze folgende Begriffe: *tiefer, vor, hinter, alle***  
**In einer chemischen Formel steht der Index für die in der Formel beteiligten Atome.**  
**Der Index steht *hinter* dem Atom und ist *tiefer* gestellt.**  
**Koeffizienten stehen *vor* den Formeln und beziehen sich auf *alle* in der Formel vorkommenden Atome.**

Abbildung 41: Frage 1 mit Musterlösung

#### 5.4.2 Zuordnung eines systematischen Namens zu einer Formel (Aufgabe 2)

Nach der Unterrichtsreihe Formelsprache sollten die Schülerinnen und Schüler grob in der Lage sein, einfache Verbindungen mit systematischen Namen zu benennen sowie ihnen ihre Formel zuzuordnen. Aus der unterrichtlichen Erfahrung und aus der Literatur [vgl. Harsch, Heimann und Kipker (2003), Musli (2008)] sowie der Fragebogenstudie zeigt sich, dass dies zwar bei im Alltag vorkommenden Verbindungen wie Kohlenstoffdioxid möglich ist. Es fällt den Schülerinnen und Schülern relativ schwer etwas unbekanntere aber trotzdem einfachere Verbindungen ihrem Namen zuzuordnen.

Für jede richtige Zuordnung ist ein Punkt vergeben worden (s. Abbildung 42).

**2. Ordne die vorgegebenen systematischen Namen den zugehörigen Formeln zu. Verbinde den passenden Namen mit der Formel.**

Eisenoxid	NH <sub>3</sub>
Natriumchlorid	O <sub>2</sub>
Kaliumsulfid	Mg
Ammoniak (Triwasserstoffnitrid)	K <sub>2</sub> S
Sauerstoff	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Magnesium	NaCl

Abbildung 42: Frage 2 mit Musterlösung

### 5.4.3 Herleitung von Kupfersulfid und Wasser (Aufgabe 3)

Innerhalb der didaktischen Ansätze (s. Kapitel 2) werden unterschiedliche Wege beschrrieben, die unabhängig vom tatsächlich abgehaltenen Unterricht, Schülerinnen und Schüler befähigen sollen, eine mögliche Strategie zur Aufstellung von Formeln zu erlernen. Da in vielen Studien [u.a. Schmidt (1990), Kaminski, Flint und Jansen (1994), Harsch, Heimann und Kipker (2003)] sowie auch in der eigenen Fragebogenstudie diese beiden Verbindungen (Kupfersulfid und Wasser) oft verwendet werden, sind sie ausgewählt worden. Als Lösung sind alle möglichen Ansätze zugelassen.

1. Ausgehend vom Gesetz der Erhaltung der Masse und die sich daraus ableitenden Massenverhältnisse und daraus folgend die Anzahlverhältnisse (Induktiver Ansatz).
2. Eine Herleitung aus vorgegebenen Wertigkeiten und sich daraus ableitende Indices sind ebenso möglich (Deduktiver Ansatz).
3. Die Ableitung aus verschiedenen Modelle ist auch möglich (Modellorientierter Ansatz).

Mögliche Lösungswege aus den durchgeführten Unterrichtsreihen werden auch als richtig anerkannt. Die Herleitung und die richtige erstellte Formel werden mit einem Punkt bewertet. Es werden für erkennbare Ansätze Teilpunkte gegeben(s. Abbildung 43):

*3A.) Beschreibe, wie du die Formel von Kupfersulfid (CuS) herleitest.  
Herleitung über das Massen- und Anzahlverhältnis oder  
Wertigkeit, kgV, und daraus ermitteln der jeweiligen Indices  
Nennen der Formel*

*3B.) Beschreibe, wie du die Formel von Wasser (H<sub>2</sub>O) herleitest.  
s.oben*

Abbildung 43: Frage 3 mit Lösungshinweis

### 5.4.4 Beschreibung des Thermitverfahrens und Aufstellen eines Reaktionsschemas sowie einer Reaktionsgleichung (Aufgabe 4)

Chemische Prozesse richtig zu beschreiben fällt den meisten Schülerinnen und Schülern sehr schwer, besonders wenn sie Bildfolgen als Prozessbeschreibungen erarbeiten müssen. Im Rahmen der Unterrichtsreihe wird häufig das Thermitverfahren für eine erste wichtige chemische Reaktion eingeführt. Hier wird dieses meist als Lehrerversuch bzw. als Film gezeigt und dazu werden instruktionale Texte verwendet, um den dabei ablaufenden Prozess zu erklären. McElvany et al (2009) haben aufgezeigt, dass instruktionale Bilder im naturwissenschaftlichen Unterricht eine wesentliche Rolle zum Verständnis von Prozessen beitragen können. Im Rahmen der Unterrichtsreihe Formelsprache wird das Thermitverfahren oft verwendet, um Reaktionsschemata in Verbindung mit Reaktionsgleichungen einzuführen. Daher soll hiermit überprüft werden ob chemische Prozesse aus Bildern beschrieben und erkannt werden. Gleichzeitig wird getestet inwieweit ein Reaktionsschema

sowie eine Reaktionsgleichung aus diesem Prozess hergeleitet werden können (s. Abbildungen 44 und 45).

Jedes richtig beschriebene Bild ist mit einem Punkt zu bewerten. Das Reaktionschema sowie die Reaktionsgleichung sind ebenfalls mit einem Punkt zu bewerten.

4. *Beschreibe mit Hilfe der nachstehenden Wörter den Verlauf der in der Bildergeschichte gezeigten Technik. Stelle danach das passende Reaktionsschema (Wortgleichung) und die Reaktionsgleichung (Symbolgleichung) auf. Verwende möglichst viele der angegebenen Worte.*

**Aluminium, Tongefäß, Zünder, Thermitgemisch, Eisenoxid, exotherm, Reaktion, Schweißverfahren**



*Beschreiben der Bilder mit o.g. Begriffen*

Abbildung 44: Arbeitsauftrag für die Bildfolge in Aufgabe 4 (vollständig im Anhang II.2)

**Reaktionsschema: *Eisenoxid + Aluminium* → *Eisen + Aluminiumoxid***

**Reaktionsgleichung:  $Fe_2O_3 + 2 Al \rightarrow 2 Fe + Al_2O_3$**

Abbildung 45: Reaktionsschema und Reaktionsgleichung für Aufgabe 4

#### 5.4.5 Reliabilitätstest des Leistungstests

Zusätzlich dazu ist die Reliabilität des Leistungstests (s. Tabelle 34) erhoben worden. Es zeigt sich, dass die Tests ausreichend die Erweiterung des inhaltlichen Lernfortschritts anzeigt.

Tabelle 34: Reliabilitätstest des Leistungstests

Cronbach-Alpha	Anzahl der Items
0,755	18

Der vollständige Leistungstest ist in Anhang II.2 einzusehen.

## 5.5 Planung der Untersuchung

Die Untersuchung wurde im Schuljahr 2012/2013 durchgeführt. Dazu sind 10 verschiedene Gymnasien in Nordrhein-Westfalen angeschrieben worden, um an der Studie teilzunehmen. Gymnasien sind deshalb ausgewählt worden, da der Kernlehrplan hier seit 2008 in Kraft ist und daher eher in ein schulinternes Curriculum überführt worden sein sollte als in den anderen Schulformen, da hier der Kernlehrplan erst im Schuljahr 2011 in Kraft getreten ist. Die Umsetzung in ein schulinternes Curriculum ist bei letzteren deswegen wahrscheinlich geringer. Nach erfolgter Planung des Schuljahres

seitens der angeschriebenen Schulen sind allerdings nur zwei Gymnasien bereit gewesen, an der Studie teilzunehmen. In beiden Schulen sind jeweils zwei Klassen aus der achten Jahrgangsstufe ausgewählt worden, da in beiden Schulen das Erlernen der Formelsprache in dieser Jahrgangsstufe eingeführt wird. Es sollten idealerweise die beiden Klassen von einer Lehrkraft unterrichtet werden, um Absprachen und Organisationsaufwand zu minimieren. Leider ließ sich diese Vorgabe nur in einer der beiden Schulen realisieren, jedoch sind während der Durchführung keine Probleme entstanden.

Daher ist die Stichprobe mit insgesamt 91 beteiligten Schülerinnen und Schülern relativ klein und die Ergebnisse sind als Indiz für die Wirkung eines Diagnostetests anzusehen, was durch eine breiter angelegte Folgestudie zu bestätigen und auch auf die anderen Schulformen zu übertragen wäre. Im Rahmen der Untersuchung soll Formelsprache gemäß der hausinternen Curricula und der persönlich geplanten Unterrichtssequenzen der beteiligten Lehrkräfte eingeführt und unterrichtet werden, da aus der vorhergehenden Studie bekannt ist, dass trotz Einführung der Kernlehrpläne das Thema „Erlernen der Formelsprache“ sehr individuell in die Schulcurricula eingepasst und unterrichtet wird (s. Kapitel 4).

Damit die beteiligten Lehrerinnen und Lehrer sich nicht mit einem vorgefertigten Konstrukt beschäftigen müssen, sondern ihren eigenen Unterricht darstellen, kann ein ziemlich realistisches Bild des Unterrichts gezeigt werden. Auch wird vermieden, die Untersuchung zu sehr in das Bewusstsein der Lernenden, sowie der Lehrenden, zu rücken, so dass nur eine minimale Störung des Unterrichts erfolgt. Zusätzlich kann erfasst werden, wie intensiv sich mit den Anfängen und damit prägenden Elementen von Formelverständnis beschäftigt daraus folgend eine mögliche Vernetzung zwischen den (vorher beschriebenen) begrifflichen Ebenen bei den Schülerinnen und Schülern herbeigeführt werden kann.

### 5.5.1 Die erste Schule

Das erste Gymnasium (SCH 1) ist in ihrem Ort neben der Gesamtschule die einzige Schule, die eine Ausbildung bis zur allgemeinen Hochschulreife führt. Am Gymnasium ist der Anteil von Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund geringer als an der Gesamtschule, auch ist der Bildungshintergrund der Lernenden höher. Diese Schule besuchen ca. 1.000 Schülerinnen und Schüler und es gibt eine gut ausgestattete Fachschaft Chemie an der zurzeit fünf Chemielehrinnen und Chemielehrer beteiligt sind. Da das Gymnasium das Fach Chemie in der Sekundarstufe I von der siebten bis zur neunten Klasse durchgängig anbietet, gibt es in der Sekundarstufe II Chemiegrundkurse und mindestens einen Leistungskurs. Innerhalb des Wahlpflichtbereiches werden ebenfalls die Fächer Biologie/Chemie und Physik/Chemie angeboten. Schülerinnen und Schüler der siebten und achten Jahrgangsstufe werden auf Experimente in Zusammenarbeit mit Grundschulklassen vorbereitet, da das Gymnasium eine Stützpunktschule des regional installierten „Teutolabs“ der Universität Bielefeld ist. Das „Teutolab“ ist eine Einrichtung der Universität Bielefeld, an der vertiefende Kurse in den MINT-

Fächern für Schulen der Region angeboten werden. Einige Schulen, sog. Schwerpunktschulen, geben das dort erlangte Wissen an Grundschulen weiter. Weiterhin wird an dieser Schule die Teilnahme an dem bundesweit ausgeschriebenen Projekt „Jugend forscht“ unterstützt. Im Modellprojekt „Sinus“ arbeiten verschiedene Kolleginnen und Kollegen mit. Das Projekt „Sinus“ ist ein Projekt aller Bundesländer. In diesem werden Materialien für die MINT-Fächer von Schulen für Schulen entwickelt. Auch werden im Rahmen dieses Projektes Fortbildungen für Lehrkräfte durchgeführt. Eine Übersicht des schulinternen Curriculums für die achte Jahrgangsstufe existiert leider nicht. Der Kernlehrplan wird im Allgemeinen von der jeweiligen Lehrkraft individuell umgesetzt und die Planung des Unterrichts wahrscheinlich nur innerhalb der Jahrgangsfachgruppen kollegial abgestimmt, um eine Vergleichbarkeit des Unterrichtsfortschritts und daraus resultierender Ergebnisse zu erzielen.

### **5.5.2 Die zweite Schule**

Das zweite Gymnasium (SCH 2) liegt in einer Großstadt. In dieser Stadt gibt es neben einem Kolleg und vier Gesamtschulen noch zehn Gymnasien an denen man die Allgemeine Hochschulreife erlangen kann. An der Schule werden ca. 700 Schülerinnen und Schüler von 55 Lehrkräften unterrichtet. Neben dem regulären Angebot in Chemie von der siebten Bis zur neunten Klasse bietet die Schule das Fach Biologie/Chemie im Wahlpflichtbereich, sowie regelmäßig Grund- und Leistungskurse im Fach Chemie an. Insgesamt sind zurzeit drei Lehrkräfte in der Fachschaft Chemie vertreten. Die nachstehende Übersicht zeigt das schulinterne Curriculums der achten Jahrgangsstufe (Auszug aus der Homepage, Zuordnung der durchgeführten Studie in der letzten Tabellenspalte zugefügt, Tabelle 35, (2010)).

Tabelle 35: Schulinternes Curriculum Zweites Gymnasium (SCH 2), achte. Jahrgangsstufe, Zuordnung der Studie

Inhaltsfeld	Kontext	Basiskonzepte	Studie
		Kompetenzen	
<b>Wasser</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasser als Oxid</li> <li>• Nachweisreaktionen</li> <li>• Chemische Formelschreibweise und Reaktionsgleichungen</li> <li>• Atomsymbole</li> <li>• Gesetz von den konstanten Proportionen</li> <li>• Atomare Masse</li> <li>• Stoffmenge/Massenberechnungen</li> <li>• Molare Masse</li> <li>• Teilchenzahl <math>N_A</math></li> </ul>	Bedeutung des Wassers als Trink- und Nutzwasser	<b>Chemische Reaktion</b> Struktur der Materie Energie <hr/> Erkenntnisbildung, Kommunikation Bewertung	<b>Studie Diagnostik Formelsprache</b>
<b>Elementfamilien, Atombau und Periodensystem</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkali- und Erdalkalimetalle</li> <li>• Halogene</li> <li>• Nachweisreaktionen</li> <li>• Edelgase</li> <li>• Kern-Hülle-Modell</li> <li>• Elementarteilchen</li> <li>• Atomare Masse, Isotope</li> <li>• Schalenmodell und Besetzungsschema</li> <li>• Periodensystem</li> </ul>	Gesteine – Vielfalt und Ordnung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus tiefen Quellen</li> </ul>	<b>Chemische Reaktion</b> Struktur der Materie Energie <hr/> E,K;B	
<b>Ionenbindung und Ionenkristalle</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitfähigkeit und Salzlösungen</li> <li>• Ionenbildung und Bindung</li> <li>• Salzkristalle</li> <li>• Einfache Stöchiometrische Berechnungen</li> </ul>	Die Welt der Mineralien <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salzbergwerke</li> <li>• Salze und Gesundheit</li> <li>• Salzbildungsreaktionen</li> </ul>	<b>Chemische Reaktion</b> Struktur der Materie Energie <hr/> E,K;B	
<b>Freiwillige und erzwungene Elektronenübertragungen (Übergang Jg.9)</b>	<b>Metalle schützen und veredeln</b>		

### 5.5.3 Zeitlicher Ablauf der Untersuchung an den beiden Schulen

Um alle beteiligten Lehrkräfte umfassend über den zeitlichen und inhaltlichen Ablauf zu informieren, ist ein computerbasiertes Kalendarium mit Hilfe von Excel entwickelt worden. Alle Beteiligten konnten hierauf zugreifen und wurden so auch über die Situation und den Stand an der Parallelschule informiert (s. Tabelle 36).

Es sind hier bewusst die einzelnen Unterrichtsstunden nicht genau fixiert worden, um eine möglichst individuelle Planung der jeweiligen Lehrkraft und Schule nicht zu beeinträchtigen, da im schulischen Alltag sehr oft zeitliche Verschiebungen auftreten, die in einer starren Planung nicht kompensiert werden können und zu Problemen bei der Umsetzung der Unterrichtsreihe führen können.

Tabelle 36: Übersicht über die zeitliche Abfolge der Untersuchung

Nr.	Datum:	Thema:	Inhalte:	Materialien:	Notizen:
1	06.09.2012	Vorgesprechung der Untersuchung mit Lehrkraft 3	Kurzvorstellung der Studie anhand des Materials Vorläufige Terminplanung	Unterlagen	Koordinator Terminplan
2	16.09.	Übersenden des vorl. Terminplans an Lehrkraft 3 und 1 z.K.	Terminplan		
3	21.09.	Vorgesprechung der Untersuchung mit Lehrkraft1 und 2, SCH 1	Kurzvorstellung der Studie anhand Material Vorläufige Terminplanung	Unterlagen	Koordinator Terminplan
4	05.11.	Diagnosetest SCH 2	Durchführung Diagnose in Probegruppe  Auswertung	Diagnosetest	KOPIEN ?
5	26.11.	Leistungstest START	Durchführung Vorwissen beide Gruppen Start der UR/Dokumentation	Leistungstest	CuS Fragen durch H2O Fragen ergänzen
6	14.03.2013	Leistungstest POST SCH 2	Durchführung Postwissen beide Gruppen	Leistungstest	
7	20.03.	Diagnosetest SCH 1	Durchführung Diagnose in Probegruppe  Auswertung	Diagnosetest	
8	21.03.	Interview SCH 2	Interview Lehrkraft 3		
9	10.04.	Leistungstest START	Durchführung Vorwissen beide Gruppen Start der UR/Dokumentation	Leistungstest	
10	20.05.	Leistungstest POST	Durchführung Postwissen beide Gruppen Interview Fachlehrer	Leistungstest	
11	Mai 2013	Leistungstest Follow-Up	Durchführung Follow-Up Wissen beide Gruppen	Leistungstest	
12	Juni 2013	Leistungstest Follow-Up	Durchführung Follow-Up Wissen beide Gruppen	Leistungstest	
13	19.07.	Interview SCH 1	Interview Lehrkraft 1 und 2, SCH 1		

#### 5.5.4 Beschreibung der Stichprobe in beiden Schulen

Die Klassen bezogene Zusammensetzung an Schülerinnen und Schülern ist altershomogen (zwischen 13 und 14 Jahren), sodass Effekte, bedingt durch unterschiedliche Altersstufen, nicht auftreten sollten. Insgesamt sind 91 Schülerinnen und Schüler an der Studie beteiligt gewesen. Die Geschlechtsverteilung (d.h. Verteilung in Bezug auf das Geschlecht) lässt sich aus folgender Übersicht erkennen (s. Tabellen 37-42):

**Tabelle 37: Verteilung Jungen Mädchen Schule 1**

Geschlecht		Gesamt	Mädchen	Jungen
Diagnose-Klasse	Lehrkraft 1	26	9	17
Referenz-Klasse	Lehrkraft 2	19	7	12

**Tabelle 38: Altersverteilung Schule 1**

Altersverteilung (Jahre)	13	14
Diagnose-Klasse	9	17
Referenz-Klasse	7	12

**Tabelle 39: Leistung nach Zensuren Schule 1**

Notenverteilung	sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend
Diagnose-Klasse	7	10	8	1
Referenz-Klasse	4	8	6	1

**Tabelle 40: Verteilung Jungen Mädchen Schule 2**

Geschlecht		Gesamt	Mädchen	Jungen
Diagnose-Klasse	Lehrkraft 3	24	12	12
Referenz-Klasse	Lehrkraft 3	13	10	3

**Tabelle 41: Altersverteilung Schule 2**

Altersverteilung (Jahre)	13	14	15
Diagnose-Klasse	17	6	1
Referenz-Klasse	9	4	

**Tabelle 42: Leistung nach Zensuren Schule 2**

Notenverteilung	sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend
Diagnose-Klasse	2	10	10	2
Referenz-Klasse	1	9	3	

## 5.6 Kurzbeschreibung der Durchführung an der ersten Schule (SCH 1)

Die Unterrichtsreihe „Formelsprache“ an dieser Schule ist sehr kurz gehalten. Das Erlernen der Formelsprache soll im Allgemeinen spiralcurricular vernetzt werden, um die Anwendung von Formeln immer wieder zu üben und zu festigen. In der achten Jahrgangsstufe wird eine zeitlich kurze Unterrichtsfolge von sechs Unterrichtsstunden (= drei Doppelstunden) gehalten, um die Grundlagen der Formelsprache in den Kenntnisstand der Lernenden zu implementieren. Im Rahmen dieser Unterrichtsreihe ist eine Mischung aus deduktivem und modellorientiertem Ansatz (s. Kapitel 2) gewählt worden, damit die Schülerinnen und Schüler möglichst schnell einfache Reaktionsgleichungen aufstellen und anwenden können. Die Mischung der didaktischen Ansätze entsteht über die

zusätzliche Einführung des Begriffs der chemischen Wertigkeit, dieser Begriff ist im reinen modellorientierten Ansatz nicht vorgesehen.

Die beteiligten Lehrkräfte erhielten vor Beginn der Untersuchung Erhebungsunterlagen betreffend Diagnosetest und Leistungstest (s. Anhang) zur Ansicht und in ausreichender Anzahl zur Verfügung, um diese in ihre Unterrichtsreihe laut vorgesehener Terminplanung zu integrieren. Die Lehrkraft der Diagnosegruppe erhielt nach erfolgtem Diagnosetest dessen Auswertung (s. Abbildungen 46 und 47), um diesen dann in der Planung zu berücksichtigen. Die Lehrkraft hat außerdem darauf hinzuweisen, dass bei den Lösungen nicht geraten werden soll, damit die wirklichen Kenntnisse erfasst werden können.

## **5.7 Auswertung des Diagnosetests an Schule 1**

Der Diagnosetest ist vor der Planung der Unterrichtsreihe „Formelsprache“ durchgeführt und ausgewertet worden, um deren Inhalte im Hinblick auf die getesteten Fähigkeiten zu konzipieren.

Die Auswertung ist analog zu der Pilotphase durchgeführt worden. Jede richtige Lösung wurde mit einem Punkt und jede falsche, bzw. nicht dargestellte, Lösung nicht bewertet, so dass aus dieser Bewertungs-Menge dichotome (d.h. komplementäre Begriffspaare: richtig-falsch) Variablen abgeleitet werden konnten. Um ein transparentes Ergebnis zu erhalten, sind hier die jeweils zu erzielenden Punkte nicht bezüglich jeder einzelnen Aufgabe ausgewiesen, sondern thematisch zusammengefasst und aufsummiert worden, was auch in normalen Tests gemacht wird. Im Test des mathematischen Wissensstandes der Lernenden (u.a. Bestimmung des kleinsten gemeinsamen Vielfachen, Verhältnis-Bildung, Dreisatz) waren maximal fünf Punkte zu erreichen. Im sprachlichen Test-Teil I (instruktionales Lesen, Umsetzen des Textes in eine Mind-Map) wurden maximal acht Punkte und im sprachlichen Test-Teil II (Fehleranalyse/Konzentrationsfähigkeit) 17 Punkte gewertet. Im Abstraktionstest (Paper-Folding-Test) waren sechs Punkte zu erreichen.

### **5.7.1 Deskriptive Auswertung des Diagnosetests an Schule 1**

Sieht man sich die summarischen Ergebnisse (Summe alle möglichen Punkte bei 26 Probanden) an, so kann man insgesamt sagen, dass die Konzentrationsfähigkeit (99 % = 437/442 P.), gefolgt von der Abstraktionsfähigkeit (85 % = 132/156 P.) am besten zu bewerten gewesen ist. Geringfügig dahinter liegen die mathematischen Fähigkeiten (83 % = 108/130 P.) der getesteten Probandengruppen.

Die Fähigkeiten, ermittelt bei dem ersten sprachlichen Testabschnitt (instruktionales Lesen, 40 % = 84/208 P.), sind als sehr gering ausgeprägt einzustufen. Hier haben über 50 % der diagnostizierten Schülerinnen und Schüler null Punkte erreicht. In nachstehender Abbildung 46 ist das Ergebnis graphisch dargestellt. Da ein individuelles Diagnoseverfahren vorliegt ist die Ausfallsverteilung hier nicht von Belang.

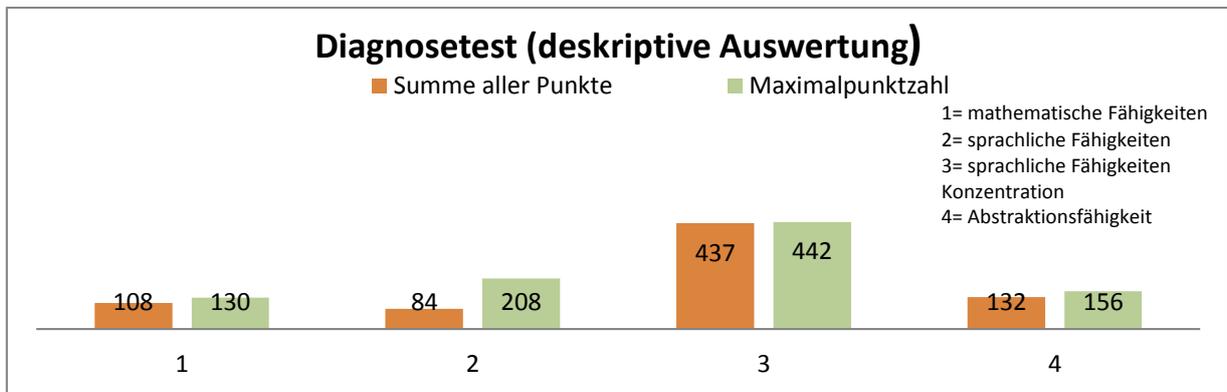


Abbildung 46: Diagnostetest SCH 1, summarische Auswertung des Diagnostetests

Da alle Testteile voneinander unabhängig sind, führt ein schlechtes Abschneiden im sprachlichen Teil nicht zu schlechteren Ergebnissen der anderen Testabschnitte, was aus den Auswertungen abgeleitet werden kann. In der nachstehenden Abbildung 47 sind alle Testergebnisse aufgeführt, die die jeweiligen Schülerinnen und Schüler der Diagnosegruppe erreicht haben. Auf der vertikalen Achse sind die jeweiligen Kandidatenkennungen zu sehen und auf der horizontalen Achse werden die erreichten Punkte gezeigt. Die erreichten Punkte im jeweiligen Testabschnitt werden direkt angegeben und sind in der jeweiligen Säule aufgeführt.

Besondere Schwierigkeiten bereiteten im mathematischen Teil die Dreisatz- und Verhältnisaufgaben, da aus den präsentierten Lösungswegen keine Lösungsstrategie abzuleiten gewesen ist. Beim ersten sprachlichen Testabschnitt lagen die Probleme bei der Umsetzung eines Textes in eine geeignete Mind-Map. Es sind in den meisten Fällen entweder zu viele Informationen aus dem Text entnommen, oder es ist keine strukturierte Abbildung erstellt worden. Die Fehleranalyse beim zweiten sprachlichen Test - Teil ist ohne erkennbares Problem bewältigt worden, kleinere Probleme bereiten den Schülerinnen und Schülern ihr Abstraktionsvermögen. Es zeigt sich auch, dass das Diagnoseergebnis nicht von der Chemiezensur beeinflusst wird, da selbst Lernende mit der Benotung „sehr gut“ auch noch (manche) Defizite in allen Bereichen aufzeigen (s. Abbildung 47). Die Codierung der Schülerinnen und Schüler ergibt sich aus dem ersten Buchstaben des Vornamens der Mutter, dem letzten Buchstaben des Nachnamens, der letzten Zeugnisnote im Fach Chemie, dem Geschlecht und dem Alter.

## Diagnostetest

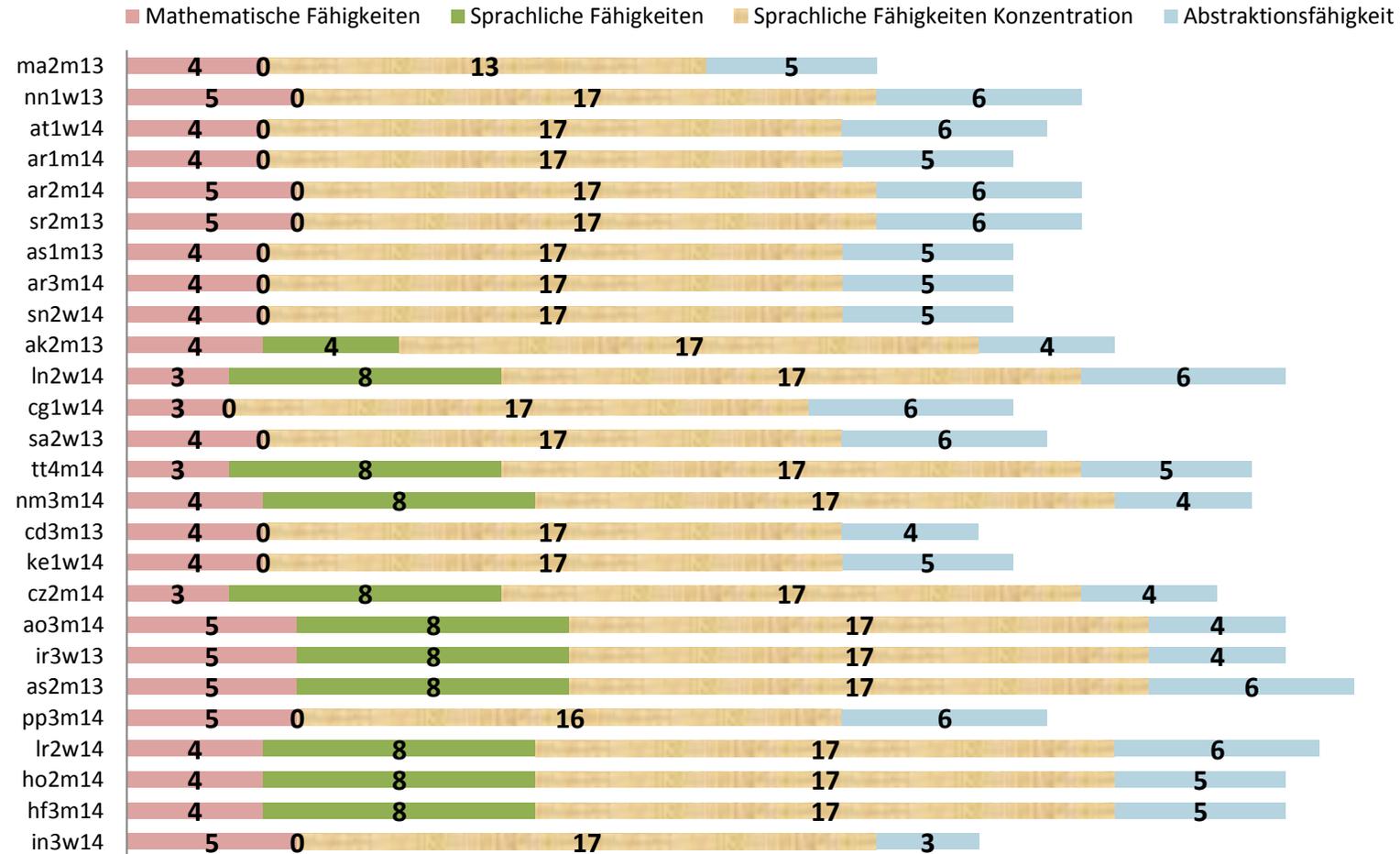


Abbildung 47: Diagnostetest SCH 1, Angabe der Einzelergebnisse der Schülerinnen und Schüler im jeweiligen Test-Teil

## 5.8 Ablauf und Auswertung der Unterrichtsreihe (SCH 1)

Damit die Unterrichtsreihen individuell geplant werden konnten, ist den Lehrkräften Rückmeldung über die erhaltenen Ergebnisse gegeben worden, indem sie eine Zusammenfassung des Diagnosetests erhielten, die erstens eine summarische Auswertung der Tests beinhaltet und zweitens wurde ihnen das individuelle Ergebnis jedes Lernenden übermittelt (s. Abbildung 47).

Die nach dem Diagnosetest entwickelte inhaltliche Zusammenstellung der Unterrichtsreihe „Formelsprache“ wird in folgenden Übersichtstabellen (43-45) kurz vorgestellt.

Beim Vergleich der Planungen des Unterrichtsverlaufs zwischen der Diagnoseklasse und der Referenzklasse zeigt sich, dass einige geringfügige Unterschiede in den Unterrichtsverläufen zwischen Diagnose- und Referenzgruppe festzustellen waren, da hier individuelle Entscheidungen der zwei beteiligten Lehrkräfte eingeflossen sind. Es wurden aber inhaltlich die gleichen Schritte unternommen, um von der stofflichen Ebene in die Symbolebene zu gelangen. Interessanterweise wird in der Referenzgruppe innerhalb des Unterrichts konkret mit Bausteinversuchen (Lego) gearbeitet, um quantitative Zusammenhänge zu deuten. Bei der Diagnosegruppe wurde dies, erst im Rahmen der Hausaufgabe, relativ abstrakt, erarbeitet. Das weist auf eine langsamere Vorgehensweise bei der Diagnosegruppe hin, da hier Probleme bei den Dreisatzaufgaben zu bemerken waren und auch Arbeitsblätter detaillierter besprochen werden mussten, was anteilig aus dem Diagnosetest und aus den persönlichen Rückmeldungen der Lehrkräfte in den Interviews abzuleiten gewesen ist. Die Materialien, die in diesen Unterrichtsstunden eingesetzt worden sind, zielen aber eher auf vorhandene Abstraktionsfähigkeit und mathematische Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler ab.

Tabelle 43: Übersicht über die Abfolge des Unterrichts nach dem Diagnosetest (Stunde 1 und 2)

SCH 1	Diagnoseklasse	Materialien	Referenzklasse	Materialien
1. Doppelstunde: <b>Vom Atombau zur chemischen Reaktionsgleichung</b>	LV: Natriumchlorid Synthese und Erklärung: Teilchenebene, Bohrsches Atommodell <hr/> SV: Verbrennen von Magnesium (Auswertung, Ionenbindung, Oxidation, Reduktion) <hr/> HA: Vom Atombau zur chemischen Formel	www.chemie-interaktiv.de (Darstellung der Reaktion auf Teilchenebene AB Ionenbindung) <hr/> ABs: Versuch, Erklärung m.H. Ionenbildung <hr/> AB: Vom Atombau zur chemischen Formel	SV: Verbrennen von Magnesium (Auswertung, Ionenbindung, Oxidation, Reduktion) <hr/> LVortrag/OHP: Ionenbildung <hr/> Lernstraße. Verschiedene Verbindungen / Reaktionsgleichungen mit Legosteinen <hr/> Partnerdiagnose (Think-Pair-Share) <hr/> HA: Übungsaufgaben	ABs: Versuch, Erklärung m.H. Ionenbildung <hr/> AB: Ionenbildung <hr/> ABs : Vom Atombau zur chemischen Formel (I u. II) Chemische Formel und Stoffnamen <hr/> <b>Diagnosebogen der Lehrkraft unabhängig von der Untersuchung</b>

**Tabelle 44: Übersicht über die Abfolge des Unterrichts zwischen Diagnosegruppe und Referenzklasse (Stunde 3 und 4; eckige Klammern nach Rücksprache ergänzt)**

SCH 1	Diagnoseklasse	Materialien	Referenzklasse	Materialien
2. Doppelstunde: <b>Reaktionsgleichungen – Die Formelsprache der Chemie</b>	Besprechung AB  Einführung des Begriffs der Wertigkeit im Unterschied zur Ionenladung [Gültigkeit für alle Verbindungstypen], Ionenladung, Stellung [von Koeffizient, Index] an einem Symbol]	AB: Vom Atombau zur Formel  ABs: Wertigkeit Periodensystem [verkürzt [HG]]	Besprechung von Atom, Molekül und Übungen  Aufstellen von Merksätzen zur Formelsprache: Was steht wo? [Koeffizient, Index, Symbol] Einführung des Begriffs der Wertigkeit  Reaktionsgleichungen ein chem. Geheimcode – am Bsp. Thermitverfahren (LV)	AB  Film Infoblatt

Innerhalb der getesteten Unterrichtsreihe wird in beiden Gruppen (Diagnose- und Referenzklasse) inhaltlich weitestgehend synchron unterrichtet. Es werden die Begriffe Wertigkeit, Koeffizient und Index eingeführt und erläutert, um eine Formel aufstellen zu können. Das Thermitverfahren (Thermit-Schweiß-Verfahren) wird als Beispiel für einen komplexeren chemischen Sachverhalt dargestellt, in dem sowohl experimentelles als auch abstraktes Wissen aus dem Unterricht mit einem Alltagsproblem verknüpft wird. Gleichzeitig wird das erlernte Wissen über Reaktionsschemata und Reaktionsgleichungen angewendet. Dabei werden die mathematischen Fähigkeiten und die Abstraktionsfähigkeit gefordert. Die Referenzklasse muss sich allerdings mit einem höheren Anteil an instruktionalem Lesen beschäftigen, um mit Hilfe eines Textes zusätzliche Informationen zu erhalten.

**Tabelle 45: Übersicht über die Abfolge des Unterrichts (Stunde 5 und 6; eckige Klammern nach Rücksprache ergänzt)**

SCH 1	Diagnoseklasse	Materialien	Referenzklasse	Materialien
3. Doppelstunde: <b>Von der Wortgleichung zur Formelgleichung</b>	LV: Knallgasreaktion Umsetzung von „Wort in Symbolgleichung“ (Gesetz von der Erhaltung der Masse)  Anwendung Thermitverfahren	AB: Von Wort- zu Formelgleichung (Think-Pair-Share) [Reaktionsschema zu Symbolgleichung]  Film, Finden von Wort und Reaktionsgleichung	Thermitverfahren Wort und Reaktionsgleichung  Div. Übungen zum Aufstellen von chem. Reaktionsgl.  SV: Elektrolyse von Zinkiodid	AB und Bausteine (Lego)  AB

Im Rahmen dieser Doppelstunde wird mit den Schülerinnen und Schülern die Anwendung von Symbolen, Indices und Koeffizienten in unterschiedlicher Reihenfolge geübt. Zusätzlich sollen noch das Gesetz von der Erhaltung der Masse und die Elektrolyse eingeführt werden.

## 5.9 Vergleichende Auswertung des erreichten Wissenstands nach der Unterrichtsreihe

Um die **erste Forschungsfrage D 1** (s. S. 42) zu beantworten werden die Ergebnisse des Leistungstests der beiden Untersuchungsgruppe miteinander verglichen und überprüft ob es hier Unterschiede zwischen Ihnen gibt.

Es zeigt sich, auch nach Planung der Unterrichtsreihen in der Diagnose- und Referenzgruppe, dass sich immer (wieder) individuelle Ausprägungen bei der Umsetzung innerhalb der Unterrichtssequenz finden. Die Formelsprache wird sehr komprimiert innerhalb von drei Doppelstunden, mit sehr vielen unterschiedlichen Arbeitsmaterialien ausgestattet, eingeführt. Die zeitliche Abfolge der inhaltlichen Erkenntnisschritte ist überaus dicht, deshalb wird von den beteiligten Schülerinnen und Schülern eine sehr große Leistungs- und Arbeitsbereitschaft gefordert. Im Rahmen dieser unterrichtlichen Konzeption wird eine Mischung von zwei didaktischen Ansätzen zur Vermittlung von Formelsprache gewählt. Das wird einerseits mit der Einführung der Wertigkeit mit Legobausteinen realisiert (modellorientierter Ansatz) und andererseits innerhalb der Behandlung des Gesetzes der Erhaltung der Masse (klassischer Ansatz) reflektiert (s. Kapitel 2). Diese Vorgehensweise ist sehr komplex und erfordert von den Schülerinnen und Schülern neben guter Konzentrationsfähigkeit hohe kognitive Voraussetzungen bei der Vernetzung der Inhalte.

### 5.9.1 Auswertung des Praetests vor Beginn der Unterrichtsreihe

In der Auswertung des Leistungstests (s. Anhang II.2) zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler im Allgemeinen noch keine konkreten Vorkenntnisse von Formelsprache und ihrer Anwendung haben. Vergleicht man die Ergebnisse der Diagnose- und Referenzgruppe miteinander, so zeigt sich bei Beantwortung der einzelnen Fragen ein ähnlicher Wissensstand. Detailliert ergibt sich folgendes Bild: Bei der ersten Aufgabe wissen in der Diagnosegruppe 23 % und in der Referenzgruppe 33 % der Lernenden genau, wie Koeffizienten und Indices angewendet werden. Eine ungenaue Vorstellung darüber haben in der Diagnosegruppe 77 % und in der Referenzgruppe 67 % der Schülerinnen und Schüler, sie erreichen immerhin noch 50 % der Punkte. Bei der zweiten Aufgabe, der systematischen Zuordnung von Namen und Symbolen von chemischen Verbindungen, haben beide Gruppen keine größeren Schwierigkeiten.

In der dritten Aufgabe wird im ersten Teil nach der Herleitung der Formel für Kupfersulfid gefragt, hier haben 54 % der Lernenden der Diagnosegruppe und 40 % der Lernenden der Referenzgruppe zumindest eine grobe Vorstellung vom Zustandekommen der Formel. Die Formel präzise aufstellen kann jedoch aus beiden Gruppen niemand. Es zeigt sich also, dass hier die Diagnosegruppe vor der Referenzgruppe liegt. Im zweiten Teil sollte die Formel von Wasser hergeleitet werden. Eine grobe Vorstellung einer möglichen Herleitung haben 70 % der Lernenden in der Diagnosegruppe und 62 % in der Referenzgruppe. Die exakte Entwicklung der Formel gelingt allerdings keinem Lernenden.

Die Beschreibung des Thermitverfahrens im ersten Teil der vierten Aufgabe gelingt 23 % der Schülerinnen und Schülern der Diagnosegruppe teilweise und in der Referenzgruppe sind 40 % erfolgreich, einem Schüler der Referenzgruppe gelingt dies sogar sehr ausführlich. Die Darstellung des Reaktionsschemas und der zugehörigen Reaktionsgleichung erledigt kein Lernender korrekt. Insgesamt zeigt sich aber, dass in keiner der beiden Gruppen mindestens 50 % der Aufgabe gelöst werden und folglich noch keine gesicherten Kenntnisse vorhanden sind.

Untersucht man diese Ergebnisse mit dem *H-Test* (Hirsig, 2001), so zeigt sich, dass zwar Unterschiede vermutet werden, die allerdings nicht als signifikant bewertet werden können (Asymptotische Signifikanz  $p > 0,05$ ). Die beiden Gruppen sind also voraussetzungsgleich (s. Tabellen 46 und 47).

**Tabelle 46: Schule 1(SCH 1) Prae-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-,R- Referenzklasse)**

Klasse		H	Mittlerer Rang		H	Mittlerer Rang	
Lückentext1prae	SCH 1 D	26	21,92	CuS-Herleitung	SCH 1 D	26	22,69
	SCH 1 R	19	24,47		SCH 1 R	19	23,42
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Lückentext2prae	SCH 1 D	26	23,13	CuS-Formel	SCH 1 D	26	23,37
	SCH 1 R	19	22,82		SCH 1 R	19	22,50
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Lückentext3prae	SCH 1 D	26	21,92	H2O-Herleitung	SCH 1 D	26	21,29
	SCH 1 R	19	24,47		SCH 1 R	19	25,34
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Lückentext4prae	SCH 1 D	26	23,13	H2O-Formel	SCH 1 D	26	23,73
	SCH 1 R	19	22,82		SCH 1 R	19	22,00
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung1prae	SCH 1 D	26	23,27	Beschreibung1prae	SCH 1 D	26	22,87
	SCH 1 R	19	22,63		SCH 1 R	19	23,18
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung2prae	SCH 1 D	26	22,63	Beschreibung2prae	SCH 1 D	26	21,73
	SCH 1 R	19	23,50		SCH 1 R	19	24,74
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung3prae	SCH 1 D	26	22,63	Beschreibung3prae	SCH 1 D	26	21,92
	SCH 1 R	19	23,50		SCH 1 R	19	24,47
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung4prae	SCH 1 D	26	22,27	Beschreibung4prae	SCH 1 D	26	23,10
	SCH 1 R	19	24,00		SCH 1 R	19	22,87
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung5prae	SCH 1 D	26	22,77	Schema-Thermitprae	SCH 1 D	26	23,37
	SCH 1 R	19	23,32		SCH 1 R	19	22,50
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung6prae	SCH 1 D	26	22,77	Glg Thermitprae	SCH 1 D	26	23,37
	SCH 1 R	19	23,32		SCH 1 R	19	22,50
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	

Tabelle 47: SCH-1: H- Test (Signifikanzen bezogen auf Praetest D, R-Klassen)

	Lückentext1 prae	Lückentext2 prae	Lückentext3 prae	Lückentext4 prae	Zuordnung1 prae	Zuordnung2 prae	Zuordnung3 prae	Zuordnung4 prae	Zuord- nung5 prae	Zuordnung 6prae
Chi-Qua- drat	0,602	0,051	0,602	0,051	0,106	0,731	0,731	1,496	0,102	0,102
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,438	0,822	0,438	0,822	0,744	0,393	0,393	0,221	0,750	0,750
	CuS Herleitung	CuS-Formel	H2O- Herleitung	H2O-Formel	Beschrei- bung1prae	Beschrei- bung2prae	Beschrei- bung3prae	Beschrei- bung4prae	Schema Thermit- prae	Glg Thermit- prae
Chi-Qua- drat	0,061	0,731	1,428	1,496	0,051	1,658	0,602	0,011	0,731	0,731
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,805	0,393	0,232	0,221	0,822	0,198	0,438	0,916	0,393	0,393

### 5.9.2 Auswertung des Posttests nach Durchführung der Unterrichtsreihe

Nach Durchführung der Unterrichtsreihe wird in bei beiden Gruppen der Leistungstest wiederholt, um den absoluten Lernzuwachs zu ermitteln.

In der ersten Aufgabe werden in der Diagnose- und der Referenzgruppe die Lösungen zu 100 % korrekt angegeben, die Stellung von Indices und Koeffizienten ist Lernenden also nach der Unterrichtsreihe bekannt. Die Zuordnung von Symbol und systematischem Namen in der zweiten Aufgabe gelingt ebenfalls allen Schülerinnen und Schülern ohne Fehler.

Die dritte Aufgabe, die Herleitung der Formel von Kupfersulfid, gelingt in der Diagnosegruppe 30 % der Lernenden vollständig und 53 % teilweise. In der Referenzgruppe leiten 70 % der Schülerinnen und Schülern die Formel von Kupfersulfid nur teilweise her. Sieht man sich das Gesamtergebnis an, so ist zu sagen, dass in der Diagnosegruppe 83 % der Lernenden, in der Referenzgruppe dagegen 70 % der Schülerinnen und Schüler die notwendigen Kompetenzen erlangt haben. Jedoch wird die optimale Erlangung des gewünschten Ergebnisses nur von 30 % der Diagnosegruppe erreicht worden. Die Aufstellung der Formel glückt 42 % Lernenden in der Diagnosegruppe und 47 % in der Referenzgruppe, was zeigt, dass in beiden Gruppen die Mehrheit der Lernenden die notwendigen Kompetenzen noch nicht erreicht hat. Die Herleitung der Formel für Wasser ist für 30 % Schülerinnen und Schüler der Diagnosegruppe kein Problem, 50 % vollbringen es im Ansatz. Bei der Referenzgruppe können 76 % der Schülerinnen und Schüler die Formel nur ansatzweise herleiten. Auch ist die Diagnosegruppe der Referenzgruppe leicht überlegen, denn bei 80 % gegenüber 76 % werden eher Ergebnisse dargestellt – bei 30 % sogar ohne Fehler. Die Formel aufstellen können in der Diagnosegruppe 12 % vollständig und 15 % im Ansatz. In der Referenzgruppe sind sogar 43 % Test- Probandinnen und Probanden in der Lage, die Formel darzustellen. Hier zeigt sich, dass bei dieser Aufgabe in der Referenzgruppe ein deutlicher Kompetenzzuwachs im Gegensatz zu der Diagnosegruppe erfolgt ist.

In der vierten Aufgabe (Beschreibung des Thermitverfahrens) sind 23 % Schülerinnen und Schüler der Diagnosegruppe sowie 38 % Schülerinnen und Schüler der Referenzgruppe in der Lage, das Verfahren

vollständig zu beschreiben. 12 % der Diagnosegruppe sowie 24 % der Referenzgruppe schaffen es teilweise. 28 % der Diagnosegruppe beschreiben das Verfahren sehr knapp (d.h. gerade noch ausreichend). 37 % der Diagnosegruppe und 38 % der Referenzgruppe beschreiben das Verfahren gar nicht. Die Formel- und die Wortgleichung aufzustellen schaffen bei der Diagnosegruppe 23 % der Lernenden und bei der Referenzgruppe 14 %, die Reaktionsgleichung explizit in Worten formulieren können 48 % Schülerinnen und Schüler der Referenzgruppe und nur 12 % der Diagnosegruppe. Es ist ein Wissenszuwachs bezogen auf das Basiswissen, sowohl in der Diagnose- als auch in der Referenzgruppe festzustellen, in der Diagnosegruppe bei 35 %, in der Referenzgruppe bei 62 % der Schülerinnen und Schüler. Im Bereich des vertieften Wissens (d.h.: Reaktionsschema aufstellen) ist ein Wissenszuwachs bei 23 % der Lernenden in der Diagnosegruppe und bei 14 % der Lernenden der Referenzgruppe zu erkennen. Betrachtet man die Auswertung statistisch gesichert mittels *H-Test*, so zeigt sich, dass die Diagnosegruppe vermutlich etwas besser abschneidet als die Referenzgruppe, jedoch ist ein signifikanter Unterschied nur bei Beantwortung der Fragen über die Herleitung der Formeln von Kupfersulfid und Wasser festzustellen (s. blau markierte Felder in Tabellen 48 und 49).

**Tabelle 48: Schule 1 (SCH 1) Post-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-,R- Referenzklasse)**

Klasse		H	Mittlerer Rang	Klasse		H	Mittlerer Rang
Lückentext1post	SCH 1 D	26	24,00	CuS-Herleitungpost	SCH 1 D	26	28,13
	SCH 1 R	19	21,63		SCH 1 R	19	15,97
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Lückentext2post	SCH 1 D	26	23,00	CuS-Formelpost	SCH 1 D	26	24,38
	SCH 1 R	19	23,00		SCH 1 R	19	21,11
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Lückentext3post	SCH 1 D	26	24,00	H2O-Herleitungpost	SCH 1 D	26	27,27
	SCH 1 R	19	21,63		SCH 1 R	19	17,16
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Lückentext4post	SCH 1 D	26	23,00	H2O-Formelpost	SCH 1 D	26	24,88
	SCH 1 R	19	23,00		SCH 1 R	19	20,42
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung1post	SCH 1 D	26	23,00	Beschreibung1post	SCH 1 D	26	20,88
	SCH 1 R	19	23,00		SCH 1 R	19	25,89
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung2post	SCH 1 D	26	23,00	Beschreibung2post	SCH 1 D	26	20,98
	SCH 1 R	19	23,00		SCH 1 R	19	25,76
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung3post	SCH 1 D	26	23,00	Beschreibung3post	SCH 1 D	26	24,17
	SCH 1 R	19	23,00		SCH 1 R	19	21,39
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung4post	SCH 1 D	26	23,00	Beschreibung4post	SCH 1 D	26	23,79
	SCH 1 R	19	23,00		SCH 1 R	19	21,92
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung5post	SCH 1 D	26	23,00	Schema-Thermitpost	SCH 1 D	26	21,88
	SCH 1 R	19	23,00		SCH 1 R	19	24,53
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung6post	SCH 1 D	26	23,00	Glg-Thermitpost	SCH 1 D	26	23,56
	SCH 1 R	19	23,00		SCH 1 R	19	22,24
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	

**Tabelle 49: H- Test Signifikanzen Posttest**

	Lücken- text1post	Lückentext2 post	Lückentext3 post	Lückentext4 post	Zuordnung1 post	Zuordnung2 post	Zuordnung3 post	Zuordnung4 post	Zuordnung5 post	Zuordnung 6post
Chi- Quadrat	2,800	0,000	2,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,094	1,000	0,094	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	CuS- Herleit- ungpost	CuS- Formel- post	H2O- Herleitung post	H2O- Formel- post	Beschrei- bung1post	Beschrei- bung2post	Beschrei- bung3post	Beschrei- bung4post	Schema- Thermitpost	Glg- Thermit- post
Chi- Quadrat	16,034	0,950	11,085	1,797	2,155	2,182	0,886	0,345	0,592	0,200
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,000	0,330	0,001	0,180	0,142	0,140	0,347	0,557	0,442	0,654

Sieht man sich die prozentuale Häufigkeitsverteilung richtig gegebener Antworten der beiden Gruppen an, so kann man erkennen, dass die Diagnosegruppe nach der Unterrichtsreihe eine deutliche Zunahme der Häufigkeiten richtig gegebener Antworten aufweist, die prozentuale Häufigkeit der

richtig gegebenen Antworten verschiebt sich von 10 in Richtung 18. Bei der Referenzgruppe ist das nicht so deutlich ausgeprägt, die Häufigkeit der richtig gegebenen Antworten verschiebt sich von 10 auf 16 (s. Abbildung 48, blauer Pfeil).

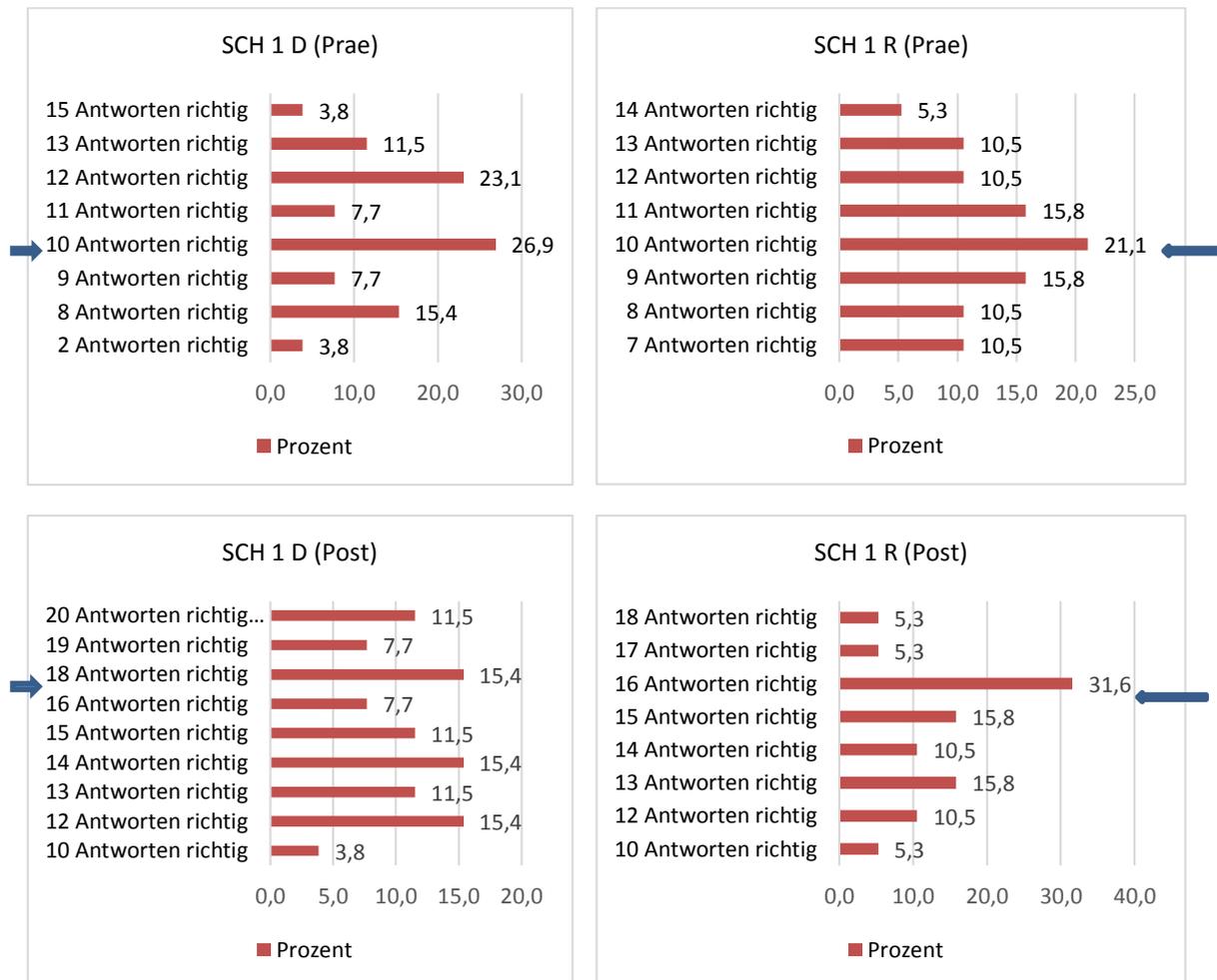


Abbildung 48: Gegenüberstellung Wissenserschaffung Prae-Posttest SCH 1: Diagnose- und Referenzgruppe

Führt man der *H-Test* durch, wird die deskriptiv-statistische Auswertung nicht direkt bestätigt, die Unterschiede zwischen Diagnose und Referenzgruppe sind nicht signifikant (s. Tabelle 50 und 51) obwohl im Rangvergleich die Diagnosegruppe leicht vor der Referenzgruppe liegt.

Tabelle 50: H- Test Ränge in Bezug auf Antworten

Klasse	H	Mittlerer Rang
Prae	SCH 1 D	26
	SCH 1 R	19
	Gesamtsumme	45
Post	SCH 1 D	26
	SCH 1 R	19
	Gesamtsumme	45

Tabelle 51: H- Test Signifikanzen Prae-Post Test in Bezug auf Antworten

	Prae	Post
Chi- Quadrat	0,312	0,436
df	1	1
Asymp. Sig.	0,576	0,509

Untersucht man mit Hilfe des *Wilcoxon-Tests* (Bortz, 2005), ob bei den Gruppen einen messbarer Wissenszuwachs festzustellen ist, so ist zu erkennen, dass beide Gruppen einen signifikanten Anstieg zu verzeichnen haben. Die Diagnosegruppe hat sogar einen deutlich höheren Zuwachs zu verzeichnen (s. Tabelle 52 und 53, blaue Markierung). Was darauf hinweist, dass hier durch vertiefere Kenntnisse der Metafähigkeiten seitens der Lehrkräfte der Unterrichtsinhalt eher angepasst wurde.

Tabelle 52: Wilcoxon-Test

Klasse			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
SCH 1 D	Post - Prae	Negative Ränge	0	0,00	0,00
		Positive Ränge	25	13,00	325,00
		Bindungen	1		
		Gesamtsumme	26		
SCH 1 R	Post - Prae	Negative Ränge	0	0,00	0,00
		Positive Ränge	19	10,00	190,00
		Bindungen	0		
		Gesamtsumme	19		

Tabelle 53: Wilcoxon-Test, Signifikanz

Klasse		Post - Prae
SCH 1 D	U	-4,382
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,000
SCH 1 R	U	-3,832
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,000

### 5.9.3 Auswertung des Follow-Up-Tests

Sieht man sich die Lernergebnisse des Follow-UP-Tests (ca. vier Wochen später, Follow-Up-Effekt) an, so entsteht der Eindruck, dass der Diagnostest zur Verbesserung der Vermittlung des Lernstoffes und somit zu einer Steigerung des Lernerfolges beigetragen hat, da der Wissenszuwachs der Diagnosegruppe immer noch größer ist als bei der Referenzgruppe. In den ersten beiden Aufgaben werden nahezu alle Fragen richtig beantwortet, also ist den Lernenden der Unterschied von Koeffizient und Index immer noch vertraut, so dass auch die zweite Aufgabe problemlos gemeistert werden kann. Die Herleitung der Formel von Kupfersulfid gelingt in der Diagnosegruppe 23 % der Schülerinnen und Schülern fehlerfrei (100 % der Punkte), 50 % der Lernenden erlangen mindestens die Hälfte der maximalen Punktzahl. In der Referenzgruppe sind es 29 % der Schülerinnen und Schüler denen die Herleitung nur mit 20 % der zu erreichenden Punkte gelingt. Die Formel von Kupfersulfid fehlerfrei

aufstellen können in der Diagnosegruppe 54 % und in der Referenzgruppe 29 % der Lernenden. Vergleichbar sieht es bei der Herleitung der Formel von Wasser aus, hier können 15 % der Schülerinnen und Schüler vorzüglich die Formel herleiten (100 % der Punkte) und mindestens 46 % erreichen 30 % der erreichbaren Punkte. In der Referenzgruppe können 43 % der Lernenden wenigstens einen Ansatz der Herleitung vorweisen und erlangen damit maximal 50 % der Punkte. Die Formel von Wasser aufstellen können in der Diagnosegruppe 15 % problemlos (100 % der Punkte), 23 % teilweise (maximal 50 % der zu erreichenden Punkte) und in der Referenzgruppe zeigen nur 24 % der Lernenden im Ansatz (weniger als 50 % der Punkte), dass sie die Formel aufstellen können.

Bei der Beschreibung des Thermitverfahrens ist die Referenzgruppe sogar ein wenig besser als die Diagnosegruppe, denn hier können 33 % der Lernenden das Verfahren einwandfrei beschreiben, in der Diagnosegruppe nur 23 %. Auch bei knapperen Beschreibungen (bis zu 50 % der zu erreichenden Punkte), die erkennen lassen, dass das Verfahren verstanden worden ist, hat die Referenzgruppe mit 43 % gegenüber 35 % Schülerinnen und Schülern der Diagnosegruppe einen leichten Vorsprung. Dass das Thermitverfahren in der Referenzklasse vertiefter behandelt worden ist (s. Unterrichtsverläufe) kann möglicherweise zu besseren Ergebnissen bei der Beschreibung geführt haben. Die aufzustellende Wort- und Reaktionsgleichung können 13 % der Referenzgruppe und 23 % der Diagnosegruppe fehlerfrei darstellen, 50 % der zu erreichenden Punkte erzielen bei der Diagnosegruppe 8 % der Lernenden und 43 % der Lernenden bei der Referenzgruppe. Hier zeigt sich ein kleiner Vorsprung der Diagnosegruppe bei fehlerfreier Erstellung der Lösungen, bei den ansatzweisen Lösungen liegt allerdings die Referenzgruppe vorne.

Untersucht man diese Ergebnisse interferenzstatistisch mit dem *H-Test* (s. Tabelle 54), so zeigt sich, dass bei den ersten beiden Aufgaben beide Gruppen relativ gleich stark sind. Die Diagnosegruppe schneidet bei den entsprechenden Aufgaben zur Herleitung der Formeln von Kupfersulfid und Wasser und bei der Aufstellung der Formel von Wasser signifikant besser ab als die Referenzgruppe (s. Tabelle 55, blaue Kennzeichnung). Die Referenzgruppe ist bei der Beschreibung des Thermitverfahrens und beim Aufstellen des Reaktionschemas signifikant besser (orange Kennzeichnung).

Tabelle 54: Schule 1 (SCH 1) Follow-Up-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-,R- Referenzklasse)

Klasse		H	Mittlerer Rang	Klasse		H	Mittlerer Rang
Lückentext1fup	SCH 1D	26	22,40	CuS-Herleitungfup	SCH 1D	26	29,67
	SCH 1R	19	23,82		SCH 1R	19	13,87
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Lückentext2fup	SCH 1D	26	23,00	CuS-Formelfup	SCH 1D	26	25,12
	SCH 1R	19	23,00		SCH 1R	19	20,11
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Lückentext3fup	SCH 1D	26	22,04	H2O-Herleitungfup	SCH 1D	26	27,08
	SCH 1R	19	24,32		SCH 1R	19	17,42
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Lückentext4fup	SCH 1D	26	23,00	H2O-Formelfup	SCH 1D	26	25,88
	SCH 1R	19	23,00		SCH 1R	19	19,05
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung1fup	SCH 1D	26	23,00	Beschreibung1fup	SCH 1D	26	20,02
	SCH 1R	19	23,00		SCH 1R	19	27,08
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung2fup	SCH 1D	26	23,00	Beschreibung2fup	SCH 1D	26	17,52
	SCH 1R	19	23,00		SCH 1R	19	30,50
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung3fup	SCH 1D	26	23,00	Beschreibung3fup	SCH 1D	26	19,12
	SCH 1R	19	23,00		SCH 1R	19	28,32
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung4fup	SCH 1D	26	23,00	Beschreibung4fup	SCH 1D	26	21,06
	SCH 1R	19	23,00		SCH 1R	19	25,66
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung5fup	SCH 1D	26	23,00	Schema-Thermitfup	SCH 1D	26	19,56
	SCH 1R	19	23,00		SCH 1R	19	27,71
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	
Zuordnung6fup	SCH 1D	26	23,00	Glg-Thermitfup	SCH 1D	26	23,83
	SCH 1R	19	23,00		SCH 1R	19	21,87
	Gesamtsumme	45			Gesamtsumme	45	

Tabelle 55: H-Test Signifikanzen Follow-Up-Test

	Lücken- text1 fup	Lückentext2 fup	Lückentext3 fup	Lückentext4 fup	Zuordnung1 fup	Zuordnung2 fup	Zuordnung3 fup	Zuordnung4 fup	Zuordnung5 fup	Zuordnung6 fup
Chi-Qua- drat	0,522	0,000	1,113	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,470	1,000	0,291	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	CuS- Herleit- ungfup	CuS- Formelfup	H2O- Herleitung fup	H2O- Formelfup	Beschreib- ung1fup	Beschreib- ung2fup	Beschreib- ung3fup	Beschreib- ung4fup	Schema- Thermitfup	Glg- Thermitfup
Chi-Qua- drat	21,195	2,155	7,911	4,453	4,280	16,077	8,736	1,958	5,777	0,619
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,000	0,142	0,005	0,035	0,039	0,000	0,003	0,162	0,016	0,431

Um herauszufinden, ob auch noch nach vier Wochen ein Wissensunterschied innerhalb der Gruppen vorliegt, ist nochmals der *Wilcoxon-Test* zwischen Follow-Up und Prae-Test durchgeführt

worden (s. Tabelle 56). Es wird deutlich, dass ein signifikanter Wissenszuwachs (s. Tabelle 57) stattgefunden hat. Die Diagnosegruppe zeigt allerdings einen signifikant höheren Zuwachs im Vergleich zu der Referenzgruppe (s. blaue Markierung).

Tabelle 56: Wilcoxon-Test Follow-Up-Test- Prae-Test

Klasse			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
SCH 1 D	fup - Prae	Negative Ränge	1	7,50	7,50
		Positive Ränge	23	12,72	292,50
		Bindungen	2		
		Gesamtsumme	26		
SCH 1 R	fup - Prae	Negative Ränge	0	0,00	0,00
		Positive Ränge	18	9,50	171,00
		Bindungen	1		
		Gesamtsumme	19		

Tabelle 57: Wilcoxon-Test, Signifikanzen Follow-Up-Test-Prae-Test

Klasse		fup - Prae
SCH 1 D	U	-4,081
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,000
SCH 1 R	U	-3,732
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,000

Vergleicht man mit dem *Wilcoxon-Test* die Veränderung im Wissen zwischen dem Posttest und dem Follow-Up-Test, so zeigt sich dass die Referenzgruppe weniger Wissensverlust aufweist als die Diagnosegruppe (s. Tabelle 58, blaue Markierung); die Signifikanz wurde zwar verfehlt, dennoch besteht eine Tendenz (s. Tabelle 59). Daraus kann man ableiten, dass die langsamere Vorgehensweise (vgl. S. 110/111) nicht ausreichend war um die erkannten Defizite wirklich auszugleichen. Hier hätte eine individuelle Förderung einen größeren Effekt gehabt, die, durch die notwendige Anonymität der Studie, nicht möglich war.

Tabelle 58: Wilcoxon-Test Follow-Up-Post-Test

Klasse			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
SCH 1 D	fup - Post	Negative Ränge	13 <sup>a</sup>	10,85	141,00
		Positive Ränge	6 <sup>b</sup>	8,17	49,00
		Bindungen	7 <sup>c</sup>		
		Gesamtsumme	26		
SCH 1 R	fup - Post	Negative Ränge	9 <sup>a</sup>	8,78	79,00
		Positive Ränge	9 <sup>b</sup>	10,22	92,00
		Bindungen	1 <sup>c</sup>		
		Gesamtsumme	19		

a. fup < Post, b. fup > Post, c. fup = Post

Tabelle 59: Wilcoxon-Test, Signifikanzen Follow-Up-Test-Post-Test

Klasse		fup - Post
SCH 1 D	U	-1,726 <sup>b</sup>
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,084
SCH 1 R	U	-0,286 <sup>c</sup>
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,775

a. Wilcoxon-Test

b. Basierend auf positiven Rängen.

c. Basierend auf negativen Rängen.

Mit diesen ermittelten Ergebnissen zeigt sich, dass es Unterschiede zwischen den beiden Lerngruppen gibt, die für einen Einsatz des vorgestellten Diagnoseverfahrens spricht. Es zeigt sich, dass individuelle Förderung eine sinnvolle Konsequenz aus Diagnostik sein muss. Die **erste Forschungsfrage** (s. S. 42, Forschungsfrage D 1) kann damit für diese Schule als **beantwortet** gelten.

## 5.10 Interviews mit den beteiligten Lehrkräften der Schule 1

Die beteiligten Lehrkräfte der ersten Schule (SCH 1) sind unabhängig voneinander befragt worden, um die **zweite Forschungsfrage** (s. S. 42, Forschungsfrage D 2) zu beantworten. Die Interviews geben Aufschluss über den möglichen Einsatz und Umgang mit dem Diagnoseverfahren. Beiden Lehrkräften sind die Verfahren der Diagnostik bekannt, aber nur die Kollegin (2013, S. 1, Z. 2) der Referenzgruppe gibt an, dass sie Diagnostik, vor allem Selbst- und Partnerdiagnostik kenne und in ihrem Unterricht einsetze. Der Lehrer (2013, S. 1, Z. 6-10) der Diagnosegruppe stellt eindeutig dar, dass er fachdidaktische Fragestellungen zwar kenne, aber die aktuelle Diskussion nicht verfolge.

Die Lehrkraft der Diagnosegruppe teilt mit, „dass inzwischen Diagnoseverfahren für individuelle Förderung entwickelt werden sollen, die aber eher im Bereich der Selbst- und Partnerdiagnostik genutzt werden sollen“. Allerdings sind an der entsprechenden Schule die Fachbereiche der Naturwissenschaften nicht direkt an der Entwicklung dieser Diagnoseverfahren beteiligt, federführend ist hier der Fachbereich Sprachen an der Schule (2013, S. 1, Z. 20-24 und Z. 40-42). Dies wird von der zweiten Lehrkraft bestätigt.

Insgesamt erachten die beteiligten Lehrkräfte Diagnostik als einen sehr wesentlichen Baustein für die Unterrichtsvorbereitung und zum Erkennen von fachlichen Problemen bei Schülerinnen und Schülern. In der Diagnosegruppe ist ein Nutzeffekt deutlich geworden, denn Probleme hinsichtlich mathematischen Verständnisses wurden erkannt: „[...] wäre das mit der Diagnose bezüglich des [Kenntnisstandes der elementaren Zahlentheorie für die Erarbeitung des] kleinsten gemeinsamen Vielfachen und größten gemeinsamen Teilers gewesen, hätte ich mit Sicherheit nicht den Anlass gesehen eine Übungsstunde dafür zu verwenden und das noch einmal aufzugreifen [...]“ (2013, S. 2, Z.9 f.). Diagnostik soll zwar einen Stellenwert im Rahmen des Chemieunterrichts einnehmen, aber vor dem zu leistenden Arbeitsaufwand besteht zurückhaltender Respekt. Das hier eingesetzte Verfahren ist deshalb positiv bewertet worden, da der erforderliche Aufwand relativ gering war und der

resultierende Ertrag an Erkenntnissen bei der Unterrichtsplanung einige neue Impulse aufzeigen konnte, aber es noch besser gewesen wäre, wenn individuelle Ergebnisse bekannt gewesen wären (2013, S. 3, Z.21 f.).

Beide Lehrkräfte haben auch erkannt, dass die von ihnen durchgeführte Unterrichtsreihe sehr komplex gewesen ist und wenig Zeit zum Einüben verschiedener Strategien zum Umgang mit Formelsprache vorhanden war.

Insgesamt kann man festhalten, dass die beteiligten Lehrkräfte sich eindeutig für den Einsatz des Diagnoseverfahrens bezogen, auf die Metaebene vorhandener Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern, aussprechen und dieses bei einer personalisierten Auswertung für anwendbar halten, um ggf. individuelle Förder- und Fördermaßnahmen ergreifen zu können.

Für die Beantwortung der **zweiten Forschungsfrage** (s. S. 42, Forschungsfrage D 2) zeigt sich an dieser Schule, dass die beteiligten Lehrkräfte die Ergebnisse des Diagnoseverfahrens durchaus mit in ihre Unterrichtsplanung einbezogen haben und daraus für ihre Planung Rückschlüsse gezogen haben. Allerdings ist hier noch sicherlich eine vertiefte Auseinandersetzung mit Diagnostik notwendig, was auch die Ergebnisse beim Vergleich zwischen Follow-Up-Test und Post-Test ausweisen.

### **5.11 Kurzbeschreibung der Durchführung der Erhebung an der zweiten Schule**

Die Unterrichtsreihe „Wasser“ ist an dieser Schule über ein Quartal angelegt. Im Rahmen dieser Unterrichtsreihe wird induktiv in die Formelsprache eingeführt. Die Reihe wird in sehr kleinen Schritten geplant, um umfassend auf die notwendigen Gesetzmäßigkeiten einzugehen.

Die Formel von Wasser wird quantitativen Versuchsergebnissen folgend abgeleitet und diese Erkenntnisse werden anschließend für die Aufstellung stöchiometrischer Formeln verallgemeinert. Das Erlernen der Formelsprache soll in dieser Schule spiralcurricular vernetzt werden, um die Anwendung von Formeln immer wieder zu üben und zu festigen.

Die beteiligte Lehrkraft erhielt vor Beginn der Untersuchung alle externen Materialien (s. Anhang II) zur Ansicht und in ausreichender Anzahl zur Verfügung, um diese in „ihr System“ optimal eingliedern zu können.

### **5.12 Auswertung des Diagnosetests an Schule 2**

Bevor die Unterrichtsreihe durch die beteiligte Lehrkraft individuell geplant worden ist, ist der Diagnosetest durchgeführt und ausgewertet worden, um die Unterrichtsreihe im Hinblick auf die getesteten Fähigkeiten zu konzipieren (s. Anhang II.1). Der Lehrkraft sind eine summarische und eine individuelle Auswertung für die Planung der Unterrichtsreihe zur Verfügung gestellt worden (s. Abbildungen 49 und 50).

Die Auswertung ist analog zu der Pilotierung der Parallelschule durchgeführt worden. Jede richtige Lösung erhielt einen Punkt und jede falsche bzw. nicht dargestellte Lösung keinen Punkt, die so erhaltenen Punkte wurden dann addiert und sind als Summe in den Graphiken zu erkennen.

Im mathematischen Leistungstest (s.o.: kleinstes gemeinsames Vielfache, Verhältnisse, Dreisatz) waren maximal fünf Punkte, im sprachlichen Leistungstest-Teil I (instruktionales Lesen, Umsetzen in eine Mind-Map) maximal acht Punkte, im sprachlichen Leistungstest-Teil II (Fehleranalyse/Konzentrationsfähigkeit) waren 17 Punkte und im Abstraktionstest (Paper-Folding-Test) sechs Punkte zu erreichen.

Sieht man sich die Ergebnisse für die einzelnen Aufgaben an, so zeigt sich, dass auch hier die Fehleranalyse/Konzentrationsfähigkeit mit 90,2 % (353/391 P.) den Schülerinnen und Schülern am besten gelingt. Die Ergebnisse des mathematischen Fähigkeitstests zeigen auf, dass die Lernenden auch hier eigentlich alle Grundfertigkeiten zum Erlernen der Formelsprache mitbringen, denn hier werden 94 von 115 Punkten (82 %) erreicht. Besondere Schwierigkeiten treten nur beim Dreisatz auf. Das Abstraktionsvermögen scheint hingegen nicht ganz so stark ausgeprägt zu sein, weil nur 98 von 138 Punkten (71 %) erzielt werden. Festzustellen sind auch sehr individuelle Ausprägungen seitens der Schülerinnen und Schüler. Sprachlich zeigt sich ein deutliches Defizit – instruktionales Lesen macht Schülerinnen und Schülern Probleme, hier werden 30 von 184 Punkten (16,3 %) durch die Lerngruppe erreicht, 73 % aller Lernenden haben hier sogar null Punkte (Abbildung 50).

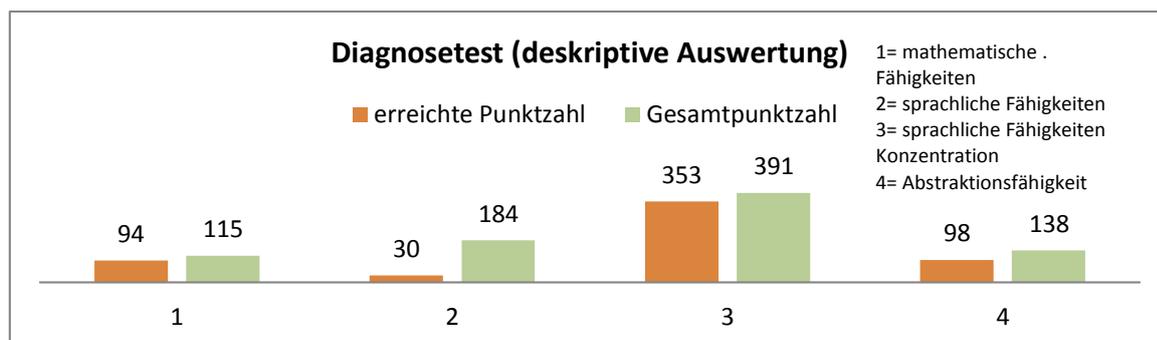


Abbildung 49: Diagnostetest SCH 2, summarische Auswertung des Diagnostetests

Es zeigt sich ebenfalls, dass das individuelle Diagnoseergebnis unabhängig von der Chemiezensur ist, weil selbst Lernende mit der Note „sehr gut“ Defizite in allen Bereichen aufzeigen. In der nachstehenden Abbildung 36 sind die erreichten Punkte für jeden Testteil für die beteiligten Schülerinnen und Schüler dargestellt. Die Codierung der Schülerinnen und Schüler ergibt sich aus dem ersten Buchstaben des Vornamens der Mutter, dem letzten Buchstaben des Nachnamens, der letzten Zensur im Fach Chemie, dem Geschlecht und dem Alter.

## Diagnostetest

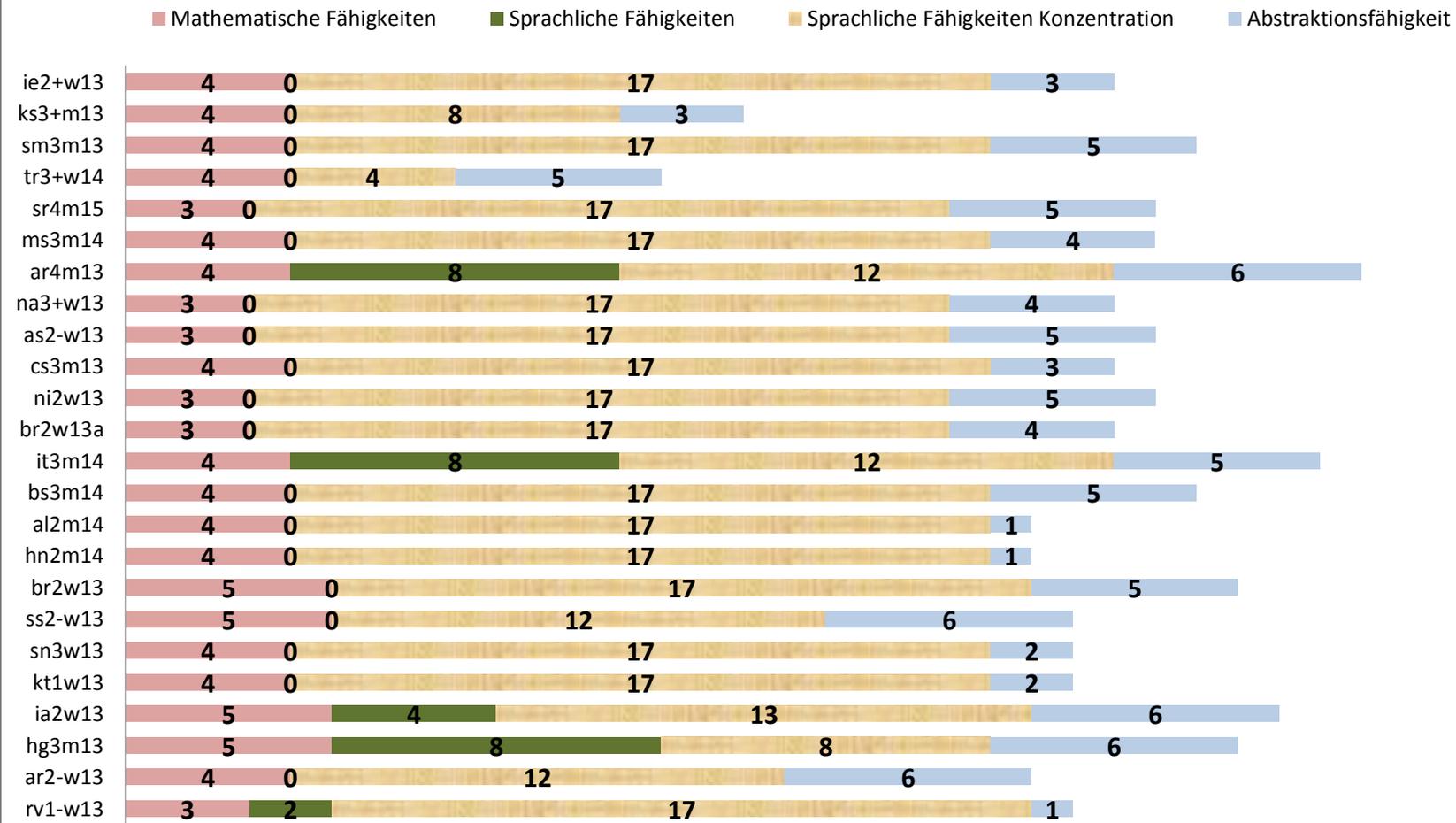


Abbildung 50: Diagnostetest SCH 2, Angabe der Einzelergebnisse der Schülerinnen und Schüler im jeweiligen Test-Teil

### 5.13 Vergleichende Auswertung des erreichten Wissensstandes nach der Unterrichtsreihe

Auch hier soll mit Hilfe von statistischen Untersuchungen versucht werden die **erste Forschungsfrage** (s. S. 42 Forschungsfrage D 1) zu beantworten.

Ausgehend von qualitativen Bestimmungen über die chemische Zusammensetzung von Wasser soll die stöchiometrische Formel von Wasser mittels Experimenten hergeleitet werden. Dazu wird Wasser auf seine Bestandteile mit Hilfe des Hofmannschen Wasser-Zersetzers quantitativ untersucht. Dabei werden zusätzlich die Begriffe von Oxidation und Reduktion sowie verschiedene Nachweismethoden für die Gase Wasserstoff und Sauerstoff eingeführt. In einem weiteren Schritt werden dann die „gefundenen“ Erkenntnisse verallgemeinert und durch verschiedene Übungen vertieft. Parallel dazu werden die Atomvorstellungen nach Dalton sowie verschiedene Begriffe, wie z.B. Molekül, vorgestellt. In Folge wird die Wassersynthese quantitativ durchgeführt und daran werden die Symbolschreibweise und das Einrichten von Reaktionsgleichungen erlernt und geübt. Abschließend wird der Satz von Avogadro dargelegt. Die gesamte Unterrichtsreihe ist lehrerzentriert konzipiert, komplizierte Experimente werden im Allgemeinen von der Lehrkraft durchgeführt, die Schülerinnen und Schüler sollen hierbei beobachten und aus diesen Beobachtungen Schlussfolgerungen über quantitative Zusammenhänge ziehen. Es werden zwar Vorschläge von Schülerinnen und Schülern aufgenommen, der eigentliche Lösungsweg wird aber durch die Lehrkraft relativ eng vorgegeben (s. Tabelle 60).

Die gesamte Unterrichtsreihe ist, im Gegensatz zu der in Schule 1 vorgestellten Unterrichtsreihe, nach dem induktiven Ansatz aufgebaut.

Tabelle 60: Übersicht über die Abfolge des Unterrichts an SCH 2

Std	SCH 2				
	Stundenthema	Diagnose-Klasse	Material	Referenz-Klasse	Material
1	Leistungstest Praetest	Hausaufgabe: „ Alles über Wasser“	Testmaterialien	Hausaufgabe: „ Alles über Wasser“	Testmaterialien
2	Untersuchungsgang zur Formelermittlung: „Was ist Wasser aus chemischer Sicht?“	Sammeln von Schülervorschlägen zur Analyse der Formel Besprechen anhand der OHP-Folie (Erörterung der Schrittfolge) <hr/> Durchführung der Untersuchung: In Wasserdampf werden nacheinander glimmender Holzspan und entzündetes Mg-Band gehalten	HA, OHP-Folie, Versuchsmaterial	Sammeln Schülervorschläge zur Analyse der Formel Besprechen anhand der OHP-Folie (Erörterung der Schrittfolge)	
3	Durchführung/Auswertung des Experimentes	Auswertung der Beobachtungen Reaktionsschema von Magnesium/Wasser Zusammensetzung von Wasser (hier Sauerstoff) <hr/> HA Weitere Deutung		Durchführung der Untersuchung: In Wasserdampf werden nacheinander glimmender Holzspan und entzündetes Mg-Band gehalten	Versuchsmaterial
4	Auswertung des Experimentes	Vertiefung (Auswertung der HA)		Auswertung der Beobachtungen Reaktionsschema von Magnesium/Wasser Zusammensetzung von Wasser (hier Sauerstoff)	
5	Identifikation des zweiten Gases	LV: RG mit Wasser/Sand und Mg-Spänen, Entstehen brennbarem Gas Entwicklung von vollständigen Reaktionsschemas	Versuchsmaterial	LV: RG mit Wasser/Sand und Mg-Spänen, Entstehen brennbarem Gas Entwicklung von vollständigen Reaktionsschemas <hr/> Nachweis der Bestandteile mit Kobaltchloridpapier und weißem Kupfersulfat	Versuchsmaterial
6	Oxidation und Reduktion der beiden Gase ergibt Wasserstoffoxid	Nachweis der Bestandteile mit Kobaltchloridpapier und weißem Kupfersulfat Oxidation und Reduktion und Schlussfolgerung des Namens aus den Ergebnissen (Wasserstoffoxid)	Versuchsmaterial	Nachweis der Bestandteile mit Kobaltchloridpapier und weißem Kupfersulfat Oxidation und Reduktion und Schlussfolgerung des Namens aus den Ergebnissen (Wasserstoffoxid)	Versuchsmaterial

	Stundenthema	Diagnose-Klasse	Material	Referenz-Klasse	Material
7	<b>Quantitative Wasseranalyse mit Hilfe des Hofmannschen Apparates</b>	Quantitative Wasseranalyse: Ergebnis Volumenverhältnis 2:1	Versuchsmaterial	Quantitative Wasseranalyse: Ergebnis Volumenverhältnis 2:1	Versuchsmaterial
8	<b>Nachweisreaktion und Vorstellung von Wasserstoff</b>	Knallgasprobe und verschiedene Eigenschaften von Wasserstoff <hr/> Steckbrief von Wasserstoff	Versuchsmaterial, Chemiebuch	Knallgasprobe und verschiedene Eigenschaften von Wasserstoff <hr/> Steckbrief von Wasserstoff	Versuchsmaterial, Chemiebuch
9	<b>Steckbrief von Wasserstoff</b>	Auswertung der Hausaufgabe <hr/> Detaillierte Aufgabe zu „Was ist Wasser aus chemischer Sicht“ (Bezug zu den vier Versuchen)		Auswertung der Hausaufgabe <hr/> Detaillierte Aufgabe zu „Was ist Wasser aus chemischer Sicht“ (Bezug zu den vier Versuchen)	
10	<b>Quantitative Wasserdampfsynthese I</b>	LV: Durchführung des und Auswertung in Bezug auf die Volumenanteile Bezug auf Massenerhalt (geringere Volumina)	OHP-Folie, Versuchsmaterialien	LV: Durchführung des und Auswertung in Bezug auf die Volumenanteile <hr/> Durchführung vers. Rechenaufgaben	OHP-Folie, Versuchsmaterialien <hr/> Überlegung zu Restgas
11	<b>Quantitative Wasserdampfsynthese II</b>	Auswertung des Versuchs, Satz von Avogadro, Daltonsche Atomvorstellung	AB Dalton	Auswertung des Versuchs, Satz von Avogadro, Daltonsche Atomvorstellung	AB Dalton
12	<b>Quantitative Wasserdampfsynthese III</b>	Bezug auf Massenerhaltung, Einführung des Begriffs „Molekül“		Bezug auf Massenerhaltung, Einführung des Begriffs „Molekül“	
13	<b>Einführung in die Symbol- und Formelschreibweise</b>	Einführen der Symbole im Allgemeinen und Übertrag auf die Reaktionsschemata bei Wasser <hr/> Einstieg: „Einrichten“ von Reaktionsgleichungen		Einführen der Symbole im Allgemeinen und Übertrag auf die Reaktionsschemata bei Wasser	
14	<b>Einrichten von Reaktionsgleichungen I</b>	Einstieg „Einrichten“ von Reaktionsgleichungen	AB, Legosteine	Einstieg: „Einrichten“ von Reaktionsgleichungen	AB, Legosteine
15	<b>Einrichten von Reaktionsgleichungen II</b>	Fortsetzung		Fortsetzung	
16	<b>Einrichten von Reaktionsgleichungen III</b>	Fortsetzung		Fortsetzung	
17	Vergleichen, Anwenden Satz Avogadro	Synthese von Ammoniak als Beispiel		Synthese von Ammoniak als Beispiel	
18	<b>Lernzielkontrolle</b>	Lernzielkontrolle / Leistungstest post		Lernzielkontrolle / Leistungstest post	

### 5.13.1 Auswertung des Praetests vor Beginn der Unterrichtsreihe

Insgesamt zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler wenig Kenntnis im Umgang mit Symbolen aufweisen und deshalb durch die Unterrichtsreihe befähigt werden sollen, ihre Kompetenzen zu erweitern.

Vergleicht man die Ergebnisse der Leistungstests von Diagnose- und Referenzgruppe, so kann man deutlich erkennen, dass der Gebrauch von Indices und Koeffizienten in beiden Gruppen erwartungsgemäß wenig bekannt ist. In der Diagnosegruppe wissen nur 29 % und in der Referenzgruppe nur 26 % aller Schülerinnen und Schüler darüber völlig Bescheid (100 % der Punkte). Anteiliges (50 % der zu erreichenden Punkte) Wissen haben in der Diagnosegruppe 41 % und in der Referenzgruppe 38 %. Über gar kein Wissen (0 % der zu erreichenden Punkte) verfügen in beiden Gruppen 27 %. Auch die Zuordnung von Verbindungsnamen zu Formelsymbolen ist den Lernenden in beiden Gruppen nicht besonders vertraut, denn es werden nicht alle Verbindungen korrekt zugeordnet. In der Diagnosegruppe ordnen nur 11 % der Schülerinnen und Schüler alles korrekt zu (100 % der Punkte), in der Referenzgruppe sind es sogar 26 %. In der Diagnosegruppe werden von 53 % der Lernenden mindestens 66 % der Lösungen korrekt angegeben, in der Referenzgruppe hingegen nur von 47 % aller Lernenden. Sieht man sich die Herleitung der Formel von Kupfersulfid an, so wird diese in der Diagnosegruppe nur von 6 % genannt. Ebenso wenig erfolgreich ist die Herleitung und das Aufstellen der Formel von Wasser bearbeitet worden, hier geben ebenfalls nur 6 % der Diagnosegruppe und 8 % aller Lernenden der Referenzgruppe ein korrektes Ergebnis an. Bei der Beschreibung des Thermitverfahrens sind wenige Schülerinnen und Schüler in der Lage diese Vorgehensweise sinnvoll und logisch zu beschreiben. In der Diagnosegruppe liefern 47 % eine vollständige Beschreibung ab (100 % der zu erreichenden Punkte), in der Referenzgruppe 36 % der Schülerinnen und Schüler. 36% aller Lernenden der Diagnosegruppe und 53 % der Referenzgruppe geben eine teilweise Beschreibung des Verfahrens ab (25-75% der zu erreichenden Punkte), so dass man erkennen kann, dass einige Schritte daraus bekannt sind. Die Angabe des Reaktionsschemas gelingt 82 % der Lernenden in der Diagnosegruppe und 92 % in der Referenzgruppe. Die Reaktionsgleichung kann keiner der Schülerinnen und Schüler angeben, 18 % der Lernenden der Diagnosegruppe und 8 % der Lernenden der Referenzgruppe sind überhaupt nicht in der Lage irgendeine Angabe (0 % der Punkte) zu machen.

Untersucht man die Plausibilität des Praetests mittels *H-Test* (s. Tabellen 61 und 62) so zeigen sich, bis auf eine Beschreibung bei der vierten Aufgabe, keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Vorkenntnisse in Diagnose- und Referenzgruppe bis auf die Beschreibung der Schweißvorganges, den die Referenzgruppe besser darstellt (s. rosa Markierung).

**Tabelle 61: Schule 2 (SCH 2) Prae-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-, R- Referenzklasse)**

Klasse		H	Mittlerer Rang			H	Mittlerer Rang
Lückentext1prae	SCH 2 D	17	14,41	CuS-Herleitung	SCH 2 D	17	15,50
	SCH 2 R	13	16,92		SCH 2 R	13	15,50
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Lückentext2prae	SCH 2 D	17	14,59	CuS-Formel	SCH 2 D	17	16,26
	SCH 2 R	13	16,69		SCH 2 R	13	14,50
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Lückentext3prae	SCH 2 D	17	14,41	H2O-Herleitung	SCH 2 D	17	15,00
	SCH 2 R	13	16,92		SCH 2 R	13	16,15
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Lückentext4prae	SCH 2 D	17	14,59	H2O-Formel	SCH 2 D	17	15,38
	SCH 2 R	13	16,69		SCH 2 R	13	15,65
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung1prae	SCH 2 D	17	14,26	Beschreibung1prae	SCH 2 D	17	13,94
	SCH 2 R	13	17,12		SCH 2 R	13	17,54
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung2prae	SCH 2 D	17	17,12	Beschreibung2prae	SCH 2 D	17	15,09
	SCH 2 R	13	13,38		SCH 2 R	13	16,04
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung3prae	SCH 2 D	17	17,24	Beschreibung3prae	SCH 2 D	17	15,47
	SCH 2 R	13	13,23		SCH 2 R	13	15,54
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung4prae	SCH 2 D	17	15,09	Beschreibung4prae	SCH 2 D	17	13,32
	SCH 2 R	13	16,04		SCH 2 R	13	18,35
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung5prae	SCH 2 D	17	16,56	Schema-Thermitprae	SCH 2 D	17	15,35
	SCH 2 R	13	14,12		SCH 2 R	13	15,69
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung6prae	SCH 2 D	17	14,68	Glg-Thermitprae	SCH 2 D	17	15,50
	SCH 2 R	13	16,58		SCH 2 R	13	15,50
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	

Tabelle 62: H-Test Signifikanzen Prae-Test

	Lücken- text1 prae	Lückentext2 prae	Lückentext3 prae	Lückentext4 prae	Zuordnung1 prae	Zuordnung2 prae	Zuordnung3 prae	Zuordnung4 prae	Zuordnung5 prae	Zuordnung6 prae
Chi-Qua- drat	0,860	0,783	0,860	0,783	1,607	3,176	2,837	0,146	0,787	0,459
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,354	0,376	0,354	0,376	0,205	0,075	0,092	0,702	0,375	0,498
	CuS- Herleit- ung	CuS-Formel	H2O- Herleitung	H2O-Formel	Beschrei- bung1 prae	Beschrei- bung2 prae	Beschrei- bung3 prae	Beschrei- bung4 prae	Schema- Thermit prae	Glg-Thermit prae
Chi-Qua- drat	0,000	1,584	1,308	,037	1,764	,146	,001	4,083	,026	0,000
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	1,000	0,208	0,253	0,846	,0184	0,702	0,977	0,043	0,871	1,000

### 5.13.2 Auswertung des Posttests nach Durchführung der Unterrichtsreihe

Nach Beenden der Unterrichtsreihe ist festzustellen, dass nunmehr 94 % der Schülerinnen und Schüler der Diagnosegruppe sowie 84 % der Referenzgruppe Indices und Koeffizienten kennen. Jedoch machen noch 16 % der Lernenden in der Referenzgruppe geringfügige Fehler. Bei der Zuordnung von Namen und Formelsymbolen hat die Diagnosegruppe noch mehr Probleme als die Referenzgruppe. In dieser können 92 % der Lernenden alle Namen korrekt zu ordnen, im Gegensatz dazu nur 82 % aus der Diagnosegruppe. Interessanterweise wenden die Lernenden aus beiden Gruppen ihr erlerntes Wissen bei der Herleitung der Formel von Kupfersulfid überhaupt nicht an, sie beantworten diese Frage überhaupt nicht. Bei der Herleitung der Formel von Wasser hingegen ist die Referenzgruppe deutlich besser als die Diagnosegruppe. Hier sind wieder 92 % der Lernenden - im Gegensatz zu 76 % der Diagnosegruppe - in der Lage, die Formel richtig herzuleiten. Die Aufstellung der zugehörigen Formel beantworten aber 82 % Schülerinnen und Schüler der Diagnosegruppe und 23 % der Referenzgruppe richtig. Die restlichen Lernenden geben keine auswertbare Antwort.

Die Beschreibung des Thermitverfahrens ist für 59 % der Schülerinnen und Schüler der Diagnosegruppe und 62 % der Referenzgruppe kein Problem, die restlichen Lernenden machen keine bis teilweise richtige Antworten (0-75% der zu erreichenden Punkte). Hier zeigt sich deutlich, dass 75 % der zu erreichenden Punkte immerhin 31 % der Diagnosegruppe und nur 12 % der Referenzgruppe erhalten haben.

Die Wort- und die Formelgleichung gelingt in der Diagnosegruppe 41 % aller Schülerinnen und Schüler, in der Referenzgruppe allerdings nur 15 %. 35 % aller Befragten der Diagnosegruppe können das Reaktionsschema aufstellen, im Gegensatz dazu jedoch 54 % der Referenzgruppe. Die restlichen Schülerinnen und Schüler geben keine oder eine falsche Antwort.

**Tabelle 63: Schule 2 (SCH 2) Post-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-,R- Referenzklasse)**

Klasse		H	Mittlerer Rang		H	Mittlerer Rang	
Lückentext1post	SCH 2 D	17	15,12	CuS-Herleitungpost	SCH 2 D	17	15,88
	SCH 2 R	13	16,00		SCH 2 R	13	15,00
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Lückentext2post	SCH 2 D	17	16,50	CuS-Formelpost	SCH 2 D	17	15,88
	SCH 2 R	13	14,19		SCH 2 R	13	15,00
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Lückentext3post	SCH 2 D	17	15,12	H2O-Herleitungpost	SCH 2 D	17	14,09
	SCH 2 R	13	16,00		SCH 2 R	13	17,35
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Lückentext4post	SCH 2 D	17	15,50	H2O-Formelpost	SCH 2 D	17	19,74
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13	9,96
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung1post	SCH 2 D	17	14,85	Beschreibung1post	SCH 2 D	17	15,09
	SCH 2 R	13	16,35		SCH 2 R	13	16,04
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung2post	SCH 2 D	17	15,50	Beschreibung2post	SCH 2 D	17	14,47
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13	16,85
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung3post	SCH 2 D	17	15,50	Beschreibung3post	SCH 2 D	17	15,35
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13	15,69
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung4post	SCH 2 D	17	15,50	Beschreibung4post	SCH 2 D	17	13,97
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13	17,50
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung5post	SCH 2 D	17	15,50	Schema-Thermitpost	SCH 2 D	17	16,74
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13	13,88
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	
Zuordnung6post	SCH 2 D	17	15,24	Glg-Thermitpost	SCH 2 D	17	18,32
	SCH 2 R	13	15,85		SCH 2 R	13	11,81
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30	

**Tabelle 64: H-Test Signifikanzen Post-Test**

	Lückentext 1post	Lückentext 2post	Lückentext 3post	Lückentext 4post	Zuordnung 1post	Zuordnung 2post	Zuordnung 3post	Zuordnung 4post	Zuordnung 5post	Zuordnung 6post
Chi-Quadrat	0,765	2,709	0,765	0,000	0,611	0,000	0,000	0,000	0,000	0,131
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,382	0,100	0,382	1,000	0,435	1,000	1,000	1,000	1,000	0,717
	CuS-Herleitungpost	CuS-Formelpost	H2O-Herleitungpost	H2O-Formelpost	Beschreibung1post	Beschreibung2post	Beschreibung3post	Beschreibung4post	Schema-Thermitpost	Glg-Thermitpost
Chi-Quadrat	0,765	0,765	2,100	12,597	0,146	1,286	,026	3,412	1,607	5,599
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,382	0,382	0,147	0,000	0,702	,257	0,871	0,065	0,205	0,018

Untersucht man diese Werte wieder mit Hilfe des *H-Tests*, so ist aus dem Vergleich der aufgestellten Ränge zu vermuten, dass die Diagnoseklasse leicht über dem Niveau der Referenzklasse liegt, aber nur in zwei Aufgaben (Aufstellen der Formel von Wasser und Einrichten der Reaktionsgleichung beim Thermitverfahren) ist ein signifikant besseres Abschneiden ableitbar (s. Tabellen 63 und 64, blaue Markierung).

Sieht man sich die Häufigkeitsverteilung richtig gegebener Antworten vor und nach dem Diagnoseverfahren an, so kann man auch hier eine Verbesserung des Wissenszuwachses aus der Verschiebung der Häufigkeit zu höheren Werten richtig gegebener Antworten erkennen. In der Diagnosegruppe verschiebt sich die Häufigkeit von 11 Antworten nach der Unterrichtsreihe auf 17 bis 20. Bei der Referenzgruppe verschieben sich die Antworten von einem Maximum von 9 bis 10 zu einem Maximum von 15 bis 17 richtigen Antworten (Abbildung 51, blauer Pfeil).

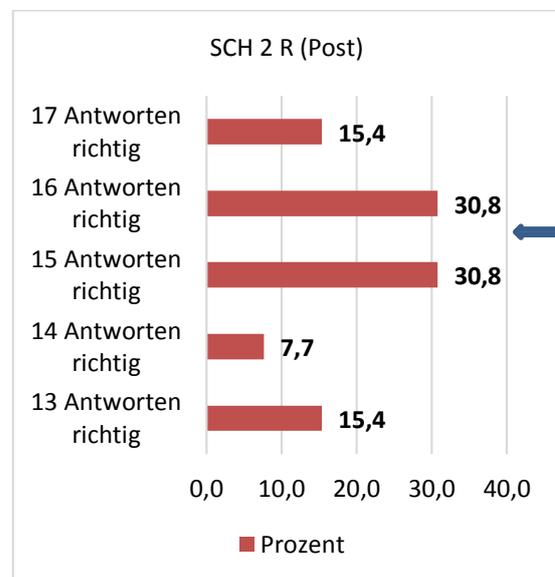
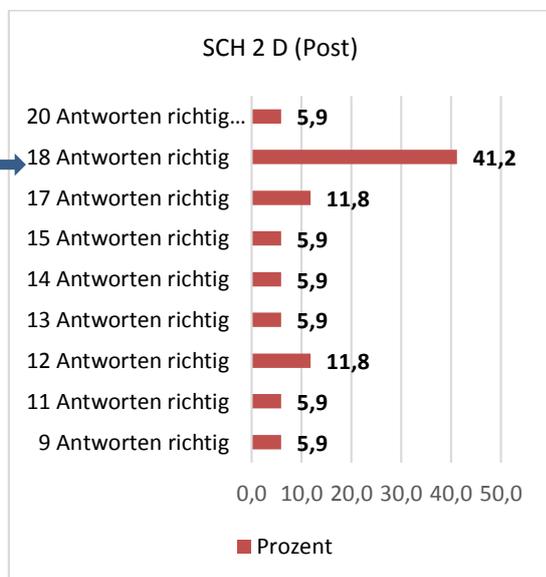
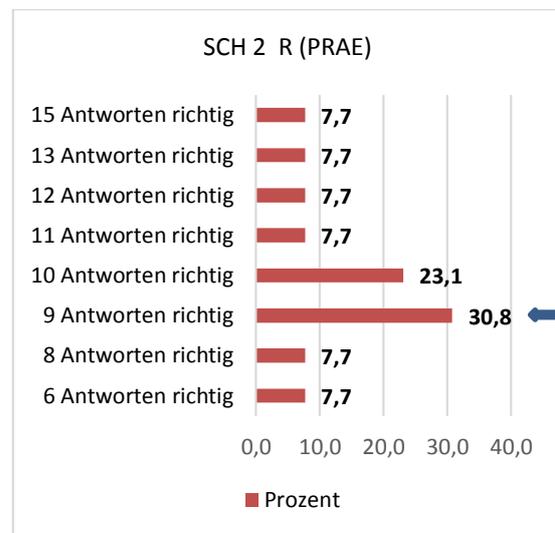
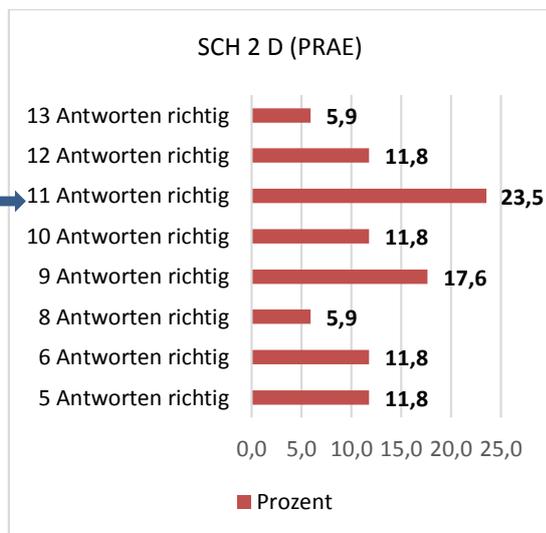


Abbildung 51: Gegenüberstellung Häufigkeitsverteilung Wissenserfassung Prae-Posttest SCH 2 Diagnose- und Referenzgruppe

Wird diese Verteilung interferenzstatistisch mittels des *H-Tests* untersucht, so zeigt sich bei der Betrachtung der Ränge, dass sich zwar die differenzierte Wertung zwischen der Diagnose- und Referenzklasse verbessert hat, aber (noch knapp) unter dem Horizont für eine plausibel signifikante Bewertbarkeit liegt. Auffallend ist, dass die Referenzklasse im Post-Test schlechter abschneidet als im Prae-Test (s. Tabellen 65 und 66).

Tabelle 65: H-Test Ränge in Bezug auf Antworten

Klasse		H	Mittlerer Rang
Prae	SCH 2 D	17	14,88
	SCH 2 R	13	16,31
	Gesamtsumme	30	
Post	SCH 2 D	17	17,03
	SCH 2 R	13	13,50
	Gesamtsumme	30	

Tabelle 66: H-Test Signifikanzen Prae-Post Test in Bezug auf Antworten

	Prae	Post
Chi-Quadrat	0,198	1,212
df	1	1
Asymp. Sig.	0,656	0,271

Für die Ermittlung des Zuwachses an Fähigkeiten innerhalb der Lerngruppen ist wieder der *Wilcoxon-Test* durchgeführt worden. Es ist zu erkennen, dass beide Gruppen durch den Unterricht signifikant an Fähigkeiten gewonnen haben (Tabellen 67 und 68).

Tabelle 67: Wilcoxon-Test

Klasse		H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge	
SCH 2 D	Post - Prae	Negative Ränge	0	0,00	0,00
		Positive Ränge	17	9,00	153,00
		Bindungen	0		
		Gesamtsumme	17		
SCH 2 R	Post - Prae	Negative Ränge	0	0,00	0,00
		Positive Ränge	13	7,00	91,00
		Bindungen	0		
		Gesamtsumme	13		

Tabelle 68: Wilcoxon-Test, Signifikanzen

Klasse		Post - Prae
SCH 2 D	U	-3,630b
	Asymp. Sig. (2-seitig)	,000
SCH 2 R	U	-3,188b
	Asymp. Sig. (2-seitig)	,001

### 5.13.3 Auswertung des Follow-Up Tests nach ca. vier Wochen

Die Auswertung des zu vorheriger Erhebung analog durchgeführten Follow-Up-Tests verdeutlicht die Verankerung des Wissens der vorausgegangenen Unterrichtsreihe nach ca. vier Wochen. Auch hier zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler noch immer in der Lage waren, Koeffizienten und Indices richtig zu benennen. In der Diagnosegruppe waren das 94,4 % und in der Referenzgruppe sogar 100 %. Bei der Zuordnung von Namen und Formelsymbolen haben in der Diagnosegruppe 82 % und in der Referenzgruppe 85 % aller Schülerinnen und Schüler keinen Fehler gemacht. In der Diagnosegruppe haben 18 % der Schülerinnen und Schüler und in der Referenzgruppe 15 % der Lernenden 66 % der erreichbaren Punktesumme erreicht. Über die Herleitung (der Formel) von Kupfersulfid wissen 17 % der Schülerinnen und Schüler der Diagnosegruppe und kein Lernender der Referenzgruppe Bescheid. Die Formel aufstellen können immerhin 28 % der Diagnosegruppe. Die Herleitung der Formel von Wasser beherrschen 33 % der Diagnosegruppe und 73 % der Referenzgruppe, die Formel benennen können allerdings 50 % der Diagnosegruppe und 46,7 % der Referenzgruppe.

Sieht man sich die praxisnahe Anwendungsaufgabe (Thermitverfahren) an, so schneiden auch wieder die Lernenden der Referenzgruppe besser ab. Von den Schülerinnen und Schüler der Diagnosegruppe liefern nur 44 % eine völlig zufriedenstellende Antwort, im Gegensatz dazu 73 % der Referenzgruppe. 41 % der Diagnosegruppe erreichen 75 % der Punkte, 9 % der Lernenden immerhin 50 % und 6 % noch 25 % der Punkte. In der Referenzgruppe haben 17 % der Schülerinnen und Schüler 75 % der Punktesumme erreicht, und 8 % erzielen keine Punkte. In der Diagnosegruppe können 17 % Reaktionsschemata und Reaktionsgleichungen aufstellen, 61 % der Lernenden immerhin das Reaktionsschema benennen. In der Referenzgruppe sind 13 % der Schülerinnen und Schüler in der Lage, Reaktionsschemata und Reaktionsgleichung zu ermitteln, 47 % stellen nur ein Reaktionsschema auf. Die restlichen Schülerinnen und Schüler geben in beiden Lerngruppen gar keine zufriedenstellende Antwort. Vergleicht man dieses Ergebnis mit Hilfe des *H-Tests* an, so erkennt man keine signifikanten Unterschiede in den beiden Gruppen. Sieht man sich einige Aufgaben genauer an (s. Tabelle 69, blaue Markierung), so liegt die Diagnosegruppe noch leicht vor der Referenzgruppe, auch hier ist kein wirklich signifikant besserer Unterschied zu erkennen (s. Tabelle 70, blaue Markierung). Bei zwei Beschreibungen ist die Referenzgruppe allerdings schwach besser (s. Tabelle 70, rosa Markierung)

Tabelle 69: Schule 2 (SCH 2) Follow-Up-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-,R: Referenzklasse)

Klasse		H	Mittlerer Rang		H	Mittlerer Rang
Lückentext1 fup	SCH 2 D	17	15,50	CuS-Herleitung fup	SCH 2 D	17 15,88
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13 15,00
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30
Lückentext2 fup	SCH 2 D	17	15,50	CuS-Formel fup	SCH 2 D	17 15,76
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13 15,15
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30
Lückentext3 fup	SCH 2 D	17	15,50	H2O-Herleitung fup	SCH 2 D	17 15,44
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13 15,58
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30
Lückentext4 fup	SCH 2 D	17	15,50	H2O-Formel fup	SCH 2 D	17 16,06
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13 14,77
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30
Zuordnung1 fup	SCH 2 D	17	14,85	Beschreibung1 fup	SCH 2 D	17 13,97
	SCH 2 R	13	16,35		SCH 2 R	13 17,50
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30
Zuordnung2 fup	SCH 2 D	17	16,00	Beschreibung2 fup	SCH 2 D	17 14,74
	SCH 2 R	13	14,85		SCH 2 R	13 16,50
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30
Zuordnung3 fup	SCH 2 D	17	15,50	Beschreibung3 fup	SCH 2 D	17 14,35
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13 17,00
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30
Zuordnung4 fup	SCH 2 D	17	15,50	Beschreibung4 fup	SCH 2 D	17 15,47
	SCH 2 R	13	15,50		SCH 2 R	13 15,54
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30
Zuordnung5 fup	SCH 2 D	17	16,00	Schema-Thermit fup	SCH 2 D	17 15,47
	SCH 2 R	13	14,85		SCH 2 R	13 15,54
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30
Zuordnung6 fup	SCH 2 D	17	14,85	Glg.-Thermit fup	SCH 2 D	17 15,65
	SCH 2 R	13	16,35		SCH 2 R	13 15,31
	Gesamtsumme	30			Gesamtsumme	30

Tabelle 70: H-Test Signifikanzen Follow-Up-Test

	Lücken- text1 fup	Lücken- text2 fup	Lücken- text3 fup	Lücken- text4 fup	Zuord- nung1 fup	Zuord- nung2 fup	Zuord- nung3 fup	Zuord- nung4 fup	Zuordnung5 fup	Zuord- nung6 fup
Chi-Quadrat	0,000	0,000	0,000	0,000	0,611	1,308	0,000	0,000	1,308	,611
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000	0,435	0,253	1,000	1,000	0,253	0,435
	CuS- Herlei- tung fup	CuS- Formel fup	H2O-Herlei- tung fup	H2O- Formel fup	Beschrei- bung1 fup	Beschrei- bung2 fup	Beschrei- bung3 fup	Beschrei- bung4 fup	Schema- Thermit fup	Glg Thermit fup
Chi-Quadrat	0,765	0,131	0,002	0,214	3,412	1,584	2,464	,001	,001	,026
df	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,382	0,717	0,961	0,643	,0065	0,208	0,116	0,977	0,977	0,871

Um den Wissenszuwachs nach vier Wochen innerhalb der Lerngruppe zu bestimmen, ist der Leistungstest wiederum mit dem *Wilcoxon-Test* analysiert worden. Hier ist abzulesen, dass die

Diagnosegruppe sich ebenfalls stärker verbessert hat als die Referenzgruppe (s. Tabellen 71 und 72). Der Wissenszuwachs ist jedoch bei beiden Gruppen signifikant.

Tabelle 71: Wilcoxon-Test Follow-Up-Test-Prae-Test

Klasse			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
SCH 2 D	fup - Prae	Negative Ränge	0	0,00	0,00
		Positive Ränge	16	8,50	136,00
		Bindungen	1		
		Gesamtsumme	17		
SCH 2 R	fup - Prae	Negative Ränge	0	0,00	0,00
		Positive Ränge	11	6,00	66,00
		Bindungen	2		
		Gesamtsumme	13		

Tabelle 72: Wilcoxon-Test, Signifikanzen, Follow-Up-Test-Praetest

Klasse		fup - Prae
SCH 2 D	U	-3,532 <sup>b</sup>
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,000
SCH 2 R	U	-2,944 <sup>b</sup>
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,003

Sieht man sich den Unterschied zwischen Post- und Follow-Up-Test an wird deutlich, dass bei der Diagnosegruppe trotz erweitertem Angebot mehr Wissensverlust zu verzeichnen ist als bei der Referenzgruppe, jedoch hat die Diagnosegruppe im Mittel mehr Punkte als die Referenzgruppe (s. Tabelle 73, blaue Markierung). Die Unterschiede sind allerdings nicht signifikant. Auch hier zeigt sich, dass zwar keine Verschlechterung des Wissenszustandes eingetreten ist, aber durch die Anonymisierung der Diagnostests keine wirkliche individuelle Förderung durchgeführt werden konnte. Es zeigt weiterhin auf, dass Lehrkräfte geschult werden müssen, um Diagnoseergebnisse zu deuten und in eine geeignete Intervention umsetzen zu können.

Tabelle 73: Wilcoxon-Test, Follow-Up-Post-Test

Klasse			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
SCH 2 D	fup - Post	Negative Ränge	9 <sup>a</sup>	7,89	71,00
		Positive Ränge	5 <sup>b</sup>	6,80	34,00
		Bindungen	3 <sup>c</sup>		
		Gesamtsumme	17		
SCH 2 R	fup - Post	Negative Ränge	4 <sup>a</sup>	7,00	28,00
		Positive Ränge	6 <sup>b</sup>	4,50	27,00
		Bindungen	3 <sup>c</sup>		
		Gesamtsumme	13		

a. fup < Post, b. fup > Post, c. fup = Post

Tabelle 74: Signifikanzen, Follow-Up-Test-Post-Test

Klasse		fup - Post
SCH 2 D	U	-1,169 <sup>b</sup>
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,243
SCH 2 R	U	-0,052 <sup>b</sup>
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,959

a. Wilcoxon-Test

b. Basierend auf positiven Rängen.

c. Basierend auf negativen Rängen.

Aus vorstehenden Auswertungen lässt sich ableiten, dass Unterschiede zwischen den beiden Lerngruppen vorhanden sind und die Diagnosegruppe einen größeren Wissenszuwachs aufzeigt. Somit kann die **erste Forschungsfrage** (s. S. 42 Forschungsfrage D 1) als beantwortet gelten.

## 5.14 Interview mit der beteiligten Lehrkraft

Um die **zweite Forschungsfrage** (s. S. 42 Forschungsfrage D 2) zu beantworten ist hier ebenfalls ein Interview mit der beteiligten Lehrkraft geführt worden.

Der betreffenden Lehrkraft ist zum Zeitpunkte der Studie weder die aktuelle Diskussion noch Diagnostik im engeren Sinn bekannt gewesen (2013, S. 1, Z. 3-6). Sie meint, dass sie in ihrem Berufsalltag durch ihre Erfahrung Erkenntnisse über die vorhandenen erforderlichen Fähigkeiten der jeweiligen Lerngruppe sammelt (2013, S. 1, Z. 25-30). Trotzdem erkennt sie nach der Durchführung des Diagnostestest sehr deutlich, „dass die Lesekompetenz der diagnostizierten Gruppe eingeschränkt ist.“ (2013, S. 1, Z. 14 f.). Auch die mathematischen Fähigkeiten der Diagnosegruppe waren besser als die der Referenzgruppe, was ebenfalls durch die vergleichende Erhebung quantifiziert worden ist (2013, S. 1, Z. 41-44).

Weiterhin zeigt sich im Lauf des Interviews, dass die Lehrerin als Folge der vergleichenden Erhebung die Ergebnisse in die Vorbereitung der Unterrichtsreihe eingearbeitet hat. Die planerische Konsequenz war die Verlängerung der Unterrichtsreihe im Bereich „Einrichten von Reaktionsgleichungen“ (Std. 14-16) (2013, S. 2, Z. 2-5).

Sie berichtet weiterhin, dass sie durch Rücksprache mit den jeweiligen Fachkolleginnen und -kollegen der Fächer Deutsch und insbesondere Mathematik die möglichen Vorkenntnisse abfragt, um ihren Unterricht darauf anzupassen (2013, S. 4, Z.17), also hat sie unbewusst ad hoc-Diagnostik betrieben.

Die Lehrerin macht darauf aufmerksam, dass sie die Ergebnisse noch besser nutzen könne, wenn diese personalisiert wären, denn dann könnte man mit Hilfe dieser Ergebnisse eine individuelle Förderung einzelner Schülerinnen und Schüler explizit durchführen (2013, S. 4, Z.13-25).

Insgesamt ist die Lehrkraft von dem positiven Einfluss des Diagnoseverfahrens, erstreckt über die drei unterschiedlichen Metaebenen, überzeugt, merkt aber an, dass Lehrkräfte noch mehr in dieser Hinsicht geschult werden müssten, um danach gewonnene Ergebnisse sinnvoll deuten und in die

pädagogische Arbeit integrieren zu können. Sie weist darauf hin, dass auch sie Schwierigkeiten gehabt habe, die gewonnenen Erkenntnisse in ihre Unterrichtsvorbereitung und – arbeit einzubetten.

### **5.15 Vergleich der Ergebnisse auf Grund der unterschiedlichen Länge der Unterrichtsreihe**

Will man die **dritte Forschungsfrage** (s. S. 42 Forschungsfrage D 3) beantworten, so sind die beiden Unterrichtsreihen miteinander zu vergleichen. Hier zeigt sich, dass die Unterrichtsreihe von Schule 1 sehr komprimiert mit einem hohen inhaltlichen Anspruch konzipiert ist. Die Schülerinnen und Schüler müssen die Inhalte schnell auffassen, es gibt hier sehr wenige Übungssequenzen. In Schule 2 hingegen wird sehr detailliert vorgegangen, der Aufbau der Moleküls Wasser wird von vielen Seiten gezeigt. Insgesamt zeigt sich hier, dass die Lernenden mit einem Problem sehr viel stärker konfrontiert werden, jedoch wenig Gelegenheit haben, ihre gelernten Inhalte zu Verallgemeinern. Um einen Hinweis zu erhalten, welche Vorgehensweise günstiger für die Schülerinnen und Schüler ist, sind die jeweiligen Gruppen der Schulen mit dem *U-Test* verglichen worden.

Sieht man dann die einzelnen Fragen des Leistungstests der jeweiligen Diagnosegruppen an, so zeigt sich, dass die Lerngruppe der Schule 1 bei einzelnen Zuordnungen sowie der Herleitung und dem Aufstellen der Formel von Kupfersulfid signifikant besser abschneidet (siehe Tabellen 75 und 76, blaue Markierung). Allerdings ist bei der Beschreibung eines chemischen Prozesses und des sich daraus abzuleitenden Reaktionsschema die Lerngruppe der Schule 2 signifikant im Vorteil (s. Tabelle 75 und 76, rosa Markierung).

Tabelle 75: U-Test: Vergleich der beiden Diagnosegruppen

Klasse		H	Mittl- erer Rang	Summe der Ränge	Klasse	H	Mittl- erer Rang	Summe der Ränge	
Lückentext1 fup	SCH 1 D	26	21,02	546,50	CuSHerleitung fup	SCH 1 D	26	28,37	737,50
	SCH 2 D	17	23,50	399,50		SCH 2 D	17	12,26	208,50
	Gesamtsumme	43				Gesamtsumme	43		
Lückentext2 fup	SCH 1 D	26	22,00	572,00	CuSFormel fup	SCH 1 D	26	25,58	665,00
	SCH 2 D	17	22,00	374,00		SCH 2 D	17	16,53	281,00
	Gesamtsumme	43				Gesamtsumme	43		
Lückentext3 fup	SCH 1 D	26	20,69	538,00	H2OHerleitung fup	SCH 1 D	26	23,38	608,00
	SCH 2 D	17	24,00	408,00		SCH 2 D	17	19,88	338,00
	Gesamtsumme	43				Gesamtsumme	43		
Lückentext4 fup	SCH 1 D	26	22,00	572,00	H2OFormel fup	SCH 1 D	26	21,92	570,00
	SCH 2 D	17	22,00	374,00		SCH 2 D	17	22,12	376,00
	Gesamtsumme	43				Gesamtsumme	43		
Zuordnung1 fup	SCH 1 D	26	23,50	611,00	Beschreibung1 fup	SCH 1 D	26	19,10	496,50
	SCH 2 D	17	19,71	335,00		SCH 2 D	17	26,44	449,50
	Gesamtsumme	43				Gesamtsumme	43		
Zuordnung2 fup	SCH 1 D	26	22,00	572,00	Beschreibung2 fup	SCH 1 D	26	18,10	470,50
	SCH 2 D	17	22,00	374,00		SCH 2 D	17	27,97	475,50
	Gesamtsumme	43				Gesamtsumme	43		
Zuordnung3 fup	SCH 1 D	26	22,00	572,00	Beschreibung3 fup	SCH 1 D	26	19,58	509,00
	SCH 2 D	17	22,00	374,00		SCH 2 D	17	25,71	437,00
	Gesamtsumme	43				Gesamtsumme	43		
Zuordnung4 fup	SCH 1 D	26	22,00	572,00	Beschreibung4 fup	SCH 1 D	26	17,79	462,50
	SCH 2 D	17	22,00	374,00		SCH 2 D	17	28,44	483,50
	Gesamtsumme	43				Gesamtsumme	43		
Zuordnung5 fup	SCH 1 D	26	22,00	572,00	SchemaThermit fup	SCH 1 D	26	17,79	462,50
	SCH 2 D	17	22,00	374,00		SCH 2 D	17	28,44	483,50
	Gesamtsumme	43				Gesamtsumme	43		
Zuordnung6 fup	SCH 1 D	26	23,50	611,00	GlgThermit fup	SCH 1 D	26	22,13	575,50
	SCH 2 D	17	19,71	335,00		SCH 2 D	17	21,79	370,50
	Gesamtsumme	43				Gesamtsumme	43		

Tabelle 76: U-Test Signifikanzen Follow-Up-Test Diagnosegruppenvergleich

	Lückentext 1fup	Lückentext 2fup	Lückentext 3fup	Lückentext 4fup	Zuordnung 1fup	Zuordnung 2fup	Zuordnung 3fup	Zuordnung4 fup	Zuordnung 5fup	Zuordnung 6fup
Mann-Whitney-U-Test	195,500	221,000	187,000	221,000	182,000	221,000	221,000	221,000	221,000	182,000
Wilcoxon-W	546,500	572,000	538,000	572,000	335,000	572,000	572,000	572,000	572,000	335,000
U	-1,435	0,000	-1,678	0,000	-2,195	0,000	0,000	0,000	0,000	-2,195
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,151	1,000	0,093	1,000	0,028	1,000	1,000	1,000	1,000	0,028
	CuS-Herleitung fup	CuS-Formelfup	H2O-Herleitungf up	H2O-Formelfup	Beschreibung1fup	Beschreibung2fup	Beschreibung3fup	Beschreibung 4fup	Schema Thermitfup	GlgThermit fup
Mann-Whitney-U-Test	55,500	128,000	185,000	219,000	145,500	119,500	158,000	111,500	111,500	217,500
Wilcoxon-W	208,500	281,000	338,000	570,000	496,500	470,500	509,000	462,500	462,500	370,500
U	-4,747	-2,759	-1,068	-,057	-2,180	-2,976	-1,895	-3,148	-3,148	-,129
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,000	0,006	0,286	0,954	0,029	0,003	0,058	0,002	0,002	0,897

a. Gruppierungsvariable: Klasse

Betrachtet man die beiden Referenzgruppen, so zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen ihnen, hier spielt also die Länge der Unterrichtsreihe keinen größeren Einfluss auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler (s. Tabellen 77 und 78).

**Tabelle 77: U-Test: Referenzgruppenvergleich**

Klasse		H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge	Klasse		H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Lückentext1fup	SCH 1 R	19	16,16	307,00	CuS-Herleitungfup	SCH 1 R	19	15,50	326,50
	SCH 2 R	13	17,00	221,00		SCH 2 R	13	15,50	201,50
	Gesamtsumme	32				Gesamtsumme	32		
Lückentext2fup	SCH 1 R	19	16,50	313,50	CuS-Formelfup	SCH 1 R	19	18,05	343,00
	SCH 2 R	13	16,50	214,50		SCH 2 R	13	14,23	185,00
	Gesamtsumme	32				Gesamtsumme	32		
Lückentext3fup	SCH 1 R	19	16,16	307,00	H2O-Herleitungfup	SCH 1 R	19	14,71	279,50
	SCH 2 R	13	17,00	221,00		SCH 2 R	13	19,12	248,50
	Gesamtsumme	32				Gesamtsumme	32		
Lückentext4fup	SCH 1 R	19	16,50	313,50	H2O-Formelfup	SCH 2 R	13	15,03	285,50
	SCH 2 R	13	16,50	214,50		SCH 1 R	19	18,65	242,50
	Gesamtsumme	32				Gesamtsumme	32		
Zuordnung1fup	SCH 1 R	19	17,00	323,00	Beschreibung1fup	SCH 1 R	19	14,79	281,00
	SCH 2 R	13	15,77	205,00		SCH 2 R	13	19,00	247,00
	Gesamtsumme	32				Gesamtsumme	32		
Zuordnung2fup	SCH 1 R	19	17,00	323,00	Beschreibung2fup	SCH 1 R	19	16,50	313,50
	SCH 2 R	13	15,77	205,00		SCH 2 R	13	16,50	214,50
	Gesamtsumme	32				Gesamtsumme	32		
Zuordnung3fup	SCH 1 R	19	16,50	313,50	Beschreibung3fup	SCH 1 R	19	16,16	307,00
	SCH 2 R	13	16,50	214,50		SCH 2 R	13	17,00	221,00
	Gesamtsumme	32				Gesamtsumme	32		
Zuordnung4fup	SCH 1 R	19	16,50	313,50	Beschreibung4fup	SCH 1 R	19	14,58	277,00
	SCH 2 R	13	16,50	214,50		SCH 2 R	13	19,31	251,00
	Gesamtsumme	32				Gesamtsumme	32		
Zuordnung5fup	SCH 1 R	19	17,00	323,00	SchemaThermitfup	SCH 1 R	19	15,61	296,50
	SCH 2 R	13	15,77	205,00		SCH 2 R	13	17,81	231,50
	Gesamtsumme	32				Gesamtsumme	32		
Zuordnung6fup	SCH 1 R	19	17,00	323,00	GlgThermitfup	SCH 1 R	19	16,18	220,50
	SCH 2 R	13	15,77	205,00		SCH 2 R	13	16,96	220,50
	Gesamtsumme	32				Gesamtsumme	32		

Tabelle 78: Signifikanzen U-Test Vergleich der Referenzgruppen

	Lückentext 1fup	Lückentext 2fup	Lückentext 3 fup	Lückentext 4fup	Zuordnung 1fup	Zuordnung 2fup	Zuordnung 3fup	Zuordnung 4fup	Zuordnung 5fup	Zuordnung 6fup
Mann-Whitney-U-Test	117,000	123,500	117,000	123,500	114,000	114,000	123,500	123,500	114,000	114,000
Wilcoxon-W	307,000	313,500	307,000	313,500	205,000	205,000	313,500	313,500	205,000	205,000
U	-0,827	0,000	-0,827	0,000	-1,209	-1,209	0,000	0,000	-1,209	-1,209
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,408	1,000	0,408	1,000	0,227	0,227	1,000	1,000	0,227	0,227
Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	0,821 <sup>b</sup>	1,000 <sup>b</sup>	0,821 <sup>b</sup>	1,000 <sup>b</sup>	0,734 <sup>b</sup>	,0734 <sup>b</sup>	1,000 <sup>b</sup>	1,000 <sup>b</sup>	0,734 <sup>b</sup>	0,734 <sup>b</sup>
	CuS-Herleitung fup	CuS-Formelfup	H2O-Herleitung fup	H2O-Formelfup	Beschreibung1fup	Beschreibung2fup	Beschreibung3fup	Beschreibung4fup	SchemaThermitfup	GlgThermitfup
Mann-Whitney-U-Test	110,500	94,000	89,500	95,500	91,000	123,500	117,000	87,000	106,500	117,500
Wilcoxon-W	201,500	185,000	279,500	285,500	281,000	313,500	307,000	277,000	296,500	307,500
U	-1,189	-1,580	-1,555	-1,432	-1,982	0,000	-0,827	-1,646	-0,812	-0,402
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,234	0,114	0,120	0,152	0,047	1,000	0,408	0,100	0,417	0,688
Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	0,623 <sup>b</sup>	0,270 <sup>b</sup>	0,195 <sup>b</sup>	0,287 <sup>b</sup>	0,223 <sup>b</sup>	1,000 <sup>b</sup>	0,821 <sup>b</sup>	0,170 <sup>b</sup>	0,520 <sup>b</sup>	0,821 <sup>b</sup>

a. Gruppierungsvariable: Klasse

b. Nicht für Bindungen korrigiert.

Aus den Ergebnissen lässt sich nicht eindeutig ableiten, ob die Länge der Unterrichtsreihen einen Einfluss auf den Wissenszuwachs hat, da viele Fragen gleichwertig beantwortet worden sind. Man hat hierbei auch die Lehrperson zu berücksichtigen, die den Unterricht gestaltet, denn sie hat ebenso einen, hier jedoch nicht erfassbaren Einfluss auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler.

## 5.16 Diskussion der Ergebnisse der zweiten Studie

Um das hier vorgestellte Diagnoseinstrument zu entwickeln sind die Ergebnisse der ersten Studie über den Bekanntheitsgrad und auch den tatsächlichen Einsatz von Diagnoseinstrumenten eingeflossen. Es werden innerhalb dieser Studie zwei Unterrichtsreihen vorgestellt, die sehr unterschiedlich aufgebaut sind, was aber laut der Ergebnisse der Studie 1 den tatsächlichen Gegebenheiten entspricht.

Um die Sinnhaftigkeit von Diagnostik im Unterricht zu verdeutlichen, sind jeweils zwei Klassen an den beteiligten Schulen (SCH 1, SCH 2) im Rahmen einer Interventionsuntersuchung verglichen worden. Die Lehrkräfte von SCH 1 verwenden eine Mischung aus modellorientiertem und induktivem (klassischem) Ansatz in extrem komprimierter Form. Das führt allerdings bei den Lernenden zu Verständnisschwierigkeiten, da innerhalb von drei Doppelstunden zwei unterschiedliche Wege aufgezeigt werden, um Formelsprache zu erlernen. Die Schülerinnen- und Schüleraktivität ist in dieser

Unterrichtsreihe relativ gering, allerdings werden mehrere Übungsphasen gestaltet, die es ihnen ermöglichen sollen den Algorithmus für die Aufstellung einer chemischen Formel zu erlernen.

In der Unterrichtssequenz von SCH 2 hingegen wird der induktive (klassische) Ansatz verfolgt und an einem Beispiel innerhalb von 19 Unterrichtsstunden sehr ausführlich erarbeitet. Innerhalb dieser Unterrichtsreihe erfolgen auch relativ wenige Schüleraktivitäten, der Unterricht ist sehr lehrerzentriert konzipiert. Das bedingt jedoch eine nicht optimal geförderte Verknüpfung aller Lernwege. Durch optimierte Versuchsansätze, mit denen quantitative Fehler minimiert werden sollen, können Strategiefehler induziert werden. Denn oft glauben Schülerinnen und Schüler, dass man immer schnell exakte Werte ermitteln kann und sie sind daher (nicht unbedingt) an langwierigen quantitativen Versuchen und deren Auswertungsmethoden interessiert. Aus dem Vergleich dieser beiden Unterrichtsreihen stellt sich heraus, dass die kürzere Unterrichtsreihe der ersten Schule bei den prozeduralen Lernvorgängen von Vorteil ist, d.h. die Schülerinnen und Schüler sind eher in der Lage Formeln aufzustellen. Die Schülerinnen und Schüler der zweiten Schule sind dafür eher in der Lage Abläufe chemischer Vorgänge zu beschreiben, als Lösungsstrategien anzuwenden. Hier wird verdeutlicht, dass bei dieser Unterrichtsreihe besonders hervorgehoben wird chemische Vorgänge zu beschreiben zu können. Besonders auffällig ist, dass sich das signifikant bei den Diagnosegruppen zeigt, jedoch nicht bei den Referenzgruppen. Erklärbar ist dies vermutlich dadurch, dass die Lehrkraft intensiver in ihrem Unterricht darauf geachtet haben könnte.

Im direkten Vergleich zeigt sich, dass mit Hilfe des Diagnosetests Schwierigkeiten beim Erlernen der Formelsprache eher erkannt werden, obwohl die Ergebnisse durch die teilweise nicht optimale Trennschärfe des Diagnosetests eingeschränkt zur Beurteilung herangezogen werden können. Trotzdem weist der Test auf die Problemfelder der Lernenden hin. Hier sind die Aufgaben noch anzupassen, in dem die Schülerinnen und Schüler eher Lösungsalgorithmen darstellen sollen, um hier die mathematischen Metafähigkeiten noch besser diagnostizieren zu können.

Sieht man sich die Antwortqualität der an verschiedenen Gymnasien getesteten Diagnosegruppen im Vergleich zu den jeweiligen Referenzgruppen im Einzelnen an, so nimmt bei den diagnostizierten Gruppen die Häufigkeit richtiger Beantwortungen zu. Allerdings ist der festgestellte Unterschied zwischen den beiden Gruppen nur für einzelne Aufgaben signifikant bestätigt, nicht über den gesamten Test hinweg zu verifizieren, was als Bestätigung der **ersten Hypothese (s. S. 41)** gelten kann. Da aus datenschutzrechtlichen Gründen hier nur ein kodiertes Testsetting verwendet werden konnte, ist hier nur eine pauschale Intervention seitens der Lehrkräfte der Diagnosegruppen durchgeführt worden, um auf die Ergebnisse des Diagnosetests zu reagieren. Sieht man sich das resultierende Ergebnis im Detail an, so kann man folgendes resümieren:

Im Rahmen der spezifischen Aufgabe zur Überprüfung der richtigen Einordnung von Indices und Koeffizienten ist deutlich geworden, dass zwar die aus früheren Studien beobachteten Fehler immer

noch auftreten [vgl. Barke (2002), Kipker, Heimann und Harsch (2003) sowie Musli (2008)]. Diese aber nach der Unterrichtsreihe, wie auch im Follow-Up-Test nach einer Dauer von etwa vier Wochen festgestellt, von der Diagnosegruppe mit geringerer Häufigkeit gemacht werden. Bildhaftes Zuordnen von Formelsymbolen und entsprechende Benennung fällt allen Lernenden relativ leicht, hier gibt es in beiden Gruppen keine schwerwiegenden Probleme.

Sieht man sich die „Formelsprache-Aufgaben“ zur Herleitung und zur Aufstellung der chemischen Formeln von Kupfersulfid wie auch von Wasser an, zeigt sich im Detail, dass das Ermitteln von Formeln und Reaktionsgleichungen zwar erlernt worden ist, dass aber das erlernte Wissen noch nicht hinreichend angewendet werden konnte. Ein möglicher Grund dafür ist, dass die Herleitung der Formeln von Kupfersulfid und Wasser nicht immer verstanden und deshalb unzureichend ausgeführt worden ist. Es ist nicht auszuschließen, dass die Lernenden das Problem für trivial gehalten und deswegen die Herleitung der jeweiligen Formel nur oberflächlich bearbeitet haben, oder den durch die jeweilige Unterrichtseinheit angebotenen Lösungsalgorithmus nicht aufschreiben konnten, also die Informationen nicht richtig in ihrem Gedächtnis vernetzt haben.

Das Anwendungsbeispiel „Thermitverfahren“ zeigt deutlich, dass Symbolgleichungen und stöchiometrische Darstellungen ausgeblendet und somit Wortzusammenhänge im Gedächtnis eher verankert werden, besonders wenn sie mit einem Bild verknüpft sind. Die Verankerung des abstrakten, submikroskopisch relevanten, Vorganges (Aufstellen des Reaktionsschemas und der Reaktionsgleichung) sowie die Verknüpfung des makroskopisch beobachtbaren Ereignisses im Langzeitgedächtnis ist problematisch, da das abstrakte Wissen ohne viel selbständiges Erarbeiten durch die Schülerinnen und Schüler zu erlernen und zu speichern versucht wurde. Dabei sind in den durchgeführten Unterrichtsreihen nicht alle Aufnahmekanäle sinnvoll genutzt worden, um eine größtmögliche Verankerung im Langzeitgedächtnis zu erzielen.

Insgesamt zeigt sich als Erkenntnis, dass in den Diagnosegruppen die Unterrichtsreihe noch individueller hätte angepasst werden können, da mit Hilfe des Diagnostests Probleme bei der Umsetzung von schriftlichen Informationen sowie der Abstraktion ermittelt worden sind.

Nach interferenzstatistischer Auswertung der Ergebnisse der Studie zeigen sich Indizien, dass die Diagnostik des Metawissens (Abstraktionsfähigkeit, Konzentrationsfähigkeit, mathematische Fähigkeiten, sprachliche Fähigkeiten) durch die Lehrkraft sinnvoll und daher notwendig ist, da dann ist das Wissen über die Fähigkeiten seitens der Lernenden als belastbare Ausgangsgröße vorhanden, mit der die Lehrkraft den (Fach)Unterricht planen kann. Zusätzlich ist sie in der Lage, individuelle Förderung von Schülerinnen und Schülern durchzuführen, da sie die bei jedem Lernenden erfassten Fähigkeiten kennt. Das wird besonders beim Vergleich von Post-Test und Follow-Up-Test deutlich, denn hier wird gezeigt, dass eine individuelle Förderung sehr sinnvoll gewesen wäre, dass der Wissenstand der vergleichsweise stärker Diagnosegruppe abnimmt, weil die Diagnoseergebnisse nicht konsequent

umgesetzt werden konnten. Mit einer aus den Diagnoseergebnissen abzuleitenden individuellen Förderung ist das dann vermeidbar.

Mit den richtig gedeuteten Diagnoseergebnissen kann dann relativ leicht ein binnendifferenzierter Unterricht angelegt werden. Bezieht man die Aussagen der beteiligten Lehrkräfte mit ein, dann wird ein weiteres Problem, das aufgetreten ist, deutlich: Lehrkräfte müssen im Umgang mit Diagnostik geschult werden, da sie zwar die Ergebnisse des Diagnosetests zur Kenntnis nehmen, aber ihren Unterricht darauf nur geringfügig anpassen (können), womit die **zweite Hypothese (s. S. 41)** als bestätigt gelten kann. Der konzipierte Diagnosetest ist allerdings im mathematischen Teil noch zu optimieren und vielmehr sollen die Lösungswege notiert und ausgewertet werden. Das Ankreuzen verleitet eher zum Raten. Die Darstellung eines Lösungsalgorithmus zeigt eher das mathematische Verständnis auf, was vermutlich zu einer besseren Trennschärfe führen wird; darum sollte dieser Weg in einer Überarbeitung des Diagnoseinstruments Berücksichtigung finden.

Es zeigt sich, dass es von Vorteil ist, Lehrerinnen und Lehrer mit Anwendungen der Diagnostik und dafür neu entwickelten geeigneten Methoden durch Schulungen noch tiefgreifender vertraut zu machen, damit sie erkennen, wie man mit Hilfe dieser aus verschiedenen Diagnoseverfahren ermittelten Ergebnissen umgeht, welche Chancen für eine Optimierung des Unterrichts damit verbunden sind, und wie die Förderung und Forderung von Lernenden individuell anzupassen ist. Lehrkräften sollte ermöglicht werden, sich mit Diagnostik auseinanderzusetzen, damit das Potential vorhandener Methoden tatsächlich ausgeschöpft werden kann und dass nicht bei den üblichen ad-hoc-Diagnosen verblieben wird. Mit diesem Wissen können die Lehrkräfte im Vorfeld der Unterrichtsplanung agieren und müssen nicht spontan während des Unterrichtsverlaufs reagieren, was bei diesem komplexen Themengebiet oft erhebliche Probleme aufwirft. Mit Hilfe des methodisch adäquat adaptierten, neu entwickelten Verfahrens zur Diagnostik erforderlicher Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern kann gezeigt werden, dass deren Lernerfolg im Bereich der Anwendung der Formelsprache gesteigert werden kann.

## 6 Gesamtdiskussion und Ausblick

### 6.1 Gesamtdiskussion

Seit den letzten Jahren nehmen die Untersuchungen bezüglich der Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern im Bereich Formelsprache einen erheblich größeren Stellenwert ein und gelangen langsam auch in das Bewusstsein von Lehrkräften. Viele Autoren, u.a. Barke (1982), Schmidt (1990), Kipker, Heimann und Harsch (2003) sowie Musli (2008) berichten übereinstimmend von den gleichen Problemen der Lernenden, insbesondere von dem Verwechseln von Koeffizienten und Indices sowie von Problemen bei der Anwendung von Lösungsstrategien bei mathematischen Prozeduren. In neuester Zeit werden auch sprachliche Probleme bei der Verwendung der Fachsprache thematisiert, wie beispielsweise bei Leisen (2005) Heuer und Parchmann (2008) sowie Agel, Beese und Krämer (2012). Diese sprachlichen Fähigkeiten sind beim Erlernen eines so abstrakten Themas wie das der „Formelsprache“ von zentraler Bedeutung. Sieht man sich die Ergebnisse der Fragebogenstudie und der Interventionsstudie an, so sind für die Forschung und Schule einige Erkenntnisse von zentraler Bedeutung. In diesem Kapitel sollen diese Erkenntnisse noch einmal summarisch dargestellt werden. Lehrerinnen und Lehrer nehmen didaktische Entwicklungen, wie etwa die Diskussion über Diagnostik, nur sehr begrenzt wahr. Untersuchungen zu Problemen beim Erlernen von Formelsprache, wie z.B. Nurrembern (1987), sind den Wenigsten präsent. Allerdings werden auftretende Fehlvorstellungen und Strategiefehler, die von Schmidt (1990), Nahkleh (1992), Glazar und Devetak (2002) u.a. entdeckt und untersucht worden sind, durch die meisten befragten Lehrkräfte benannt. Neuere Erkenntnisse der Forschung werden nur sehr zeitverzögert an Schulen implementiert. Zudem werden erst seit den letzten Jahren Fortbildungen zu Diagnostik wie z.B. von Helmke (2012) angeboten, die diese Forschungsergebnisse für die Schule praktikabel (nutzbar) machen.

Weiterhin werden Vorgaben (Kernlehrpläne), die in den Kultusministerien entwickelt werden, nicht unbedingt direkt in schulinterne Curricula umgesetzt, sondern im Allgemeinen sehr individuell von den Schulen gehandhabt. Schulinterne Curricula spielen im Lernfeld Formelsprache zum Zeitpunkt der Erhebung noch keine größere Rolle. Die vorgestellten Unterrichtssequenzen zeigen weiterhin auf, dass die unterschiedlichen didaktischen Modelle individuell verwendet und z.T. auch von Lehrkräften vermischt werden, sodass aus diesem Wissen entwickelte Unterrichtsreihen auch als nicht einheitlich anzusehen sind (s. Ergebnisse der Studie 1) und möglicherweise zu Verständnisproblemen seitens der Lernenden führen können.

Betrachtet man die personalen Kompetenzen der Lehrerinnen und Lehrer über Diagnostik, so zeigt sich ein sehr heterogenes Bild. Es ist nicht klar ersichtlich, ob und auf welche Weise Lehrkräfte Fähigkeiten von Lernenden erfassen und ob sie diese Erkenntnisse in ihren unterrichtlichen Alltag integrieren. Es wird innerhalb der Fragebogenstudie von den Lehrkräften angegeben, dass sie relativ gut über die

Metafähigkeiten (Abstraktion, mathematische und sprachliche Fähigkeiten) Bescheid wissen, sie Erkenntnisse diesbezüglich allerdings nicht über gesicherte Diagnosen, sondern auf anderen Informationswegen erhalten. Die Antworten innerhalb meiner Studie bestätigen die Untersuchungen von u.a. Spinath (2005), Rogalla und Vogt (2008) sowie McElvany (2009). Ad hoc-diagnostische Erhebungen werden häufig erst im laufenden Unterricht bei auftretenden Problemen durchgeführt und nicht Theorie-basiert gesichert erhoben. Die dazu erhaltenen Ergebnisse stützen die Aussagen von Barth (2010). Einigen Lehrkräften sind zwar Diagnoseinstrumente bekannt, sie werden aber z. Zt. häufig als Selbstdiagnoseinstrumente eingesetzt; Lehrer-basierte Diagnoseverfahren, in Form von Diagnostetests, werden eher selten eingesetzt, meistens im Rahmen von Unterrichtsforschung. Die eigentlich sinnvolle Diagnostik von Lernvoraussetzungen wird in den seltensten Fällen gemacht, was sicher zu einer Problemreduktion während der komplexen Unterrichtsreihe „Formelsprache“ führen würde.

Die Verknüpfung der Metafähigkeiten beim Erlernen der Formelsprache – oft versteckt im Übergang von der makroskopischen in die submikroskopische und anschließend in die symbolische Ebene - spielt eine große Rolle beim Erlernen der Formelsprache und fordert von den Lernenden (auch von den Lehrerinnen und Lehrern) eine hohe kognitive Leistung ab. Die Einbindung fachlicher Kontexte, wie in den Kernlehrplänen des Landes Nordrhein-Westfalen (2008) und (2011) gefordert, macht dann das Erlernen der Formelsprache sehr komplex. Hier ist es von Vorteil, sich die neuronalen Lernwege [beschrieben von Johnstone (1993) und Gabel (1999)] zu verdeutlichen, um zu verstehen, welche komplexen Lernvorgänge seitens der Schülerinnen und Schüler ablaufen. Vielen Lehrkräften ist dieser Zusammenhang nicht wirklich bewusst. Sieht man sich die Ergebnisse der ersten Studie zur Darstellung der Unterrichtsreihen an, so kann man deutlich erkennen, dass sehr unterschiedliche Unterrichtssequenzen durchgeführt werden. Die Kernlehrpläne werden in der Regel sehr am Rande in die Unterrichtsplanung einbezogen – unabhängig von der Ausbildung und der Unterrichtserfahrung der Lehrkraft.

Weiterhin werden die vier verschiedenen didaktischen Ansätze zur Vermittlung der Formelsprache sehr individuell umgesetzt. Im gymnasialen Lernumfeld ist, im Gegensatz zu den anderen Schultypen, häufig das fachsystematische Denken und Unterrichten bestimmend und weniger auf die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler angepasst, wie die Ergebnisse dieser Studie im Einklang u.a. mit Musli (2008) und auch Schmidt (1990) aufzeigen.

Zusammenfassend für die Fragebogenstudie ist zu sagen, dass Lehrkräfte für den Lernbereich Formelsprache Lernvoraussetzungen vor und während des Unterrichts selten diagnostizieren, weil sie Diagnostetests entweder nicht kennen oder andere Informationsquellen, um Lernvoraussetzungen zu ermitteln, verwenden. Lernprozesse werden durch die Lehrkräfte nur indirekt bei auftretenden Problemen wahrgenommen, Hilfestellungen werden im Allgemeinen nicht vorher überlegt, sondern

dann im laufenden Unterrichtsgeschehen aus der Situation heraus entwickelt. Mit den in der Fragebogenstudie erzielten Ergebnissen werden die Ausgangshypothesen dieser Arbeit bestätigt.

Das Diagnostizieren von Fähigkeiten der Schülerinnen und Schülern wird als grundlegende Lehrerkompetenz durch die Kultusministerkonferenz (2004), des BMBF (2004) sowie die EU (2007) gefordert. Im Rahmen des Studiums werden inzwischen einige (mögliche) Angebote, wie beispielsweise im Masterstudium der TU Dortmund im Rahmen des Projektes „dortMint“ (Blaes, 2012) gemacht, um diese Lehrerkompetenz auszubilden. Im Rahmen des Referendariats wird versucht ebenfalls, Lernbausteine zu integrieren, wie exemplarisch der Ausbildungsplan des Studienseminars Minden (2010) aufzeigt.

Für schon im Schuldienst befindliche Lehrerinnen und Lehrer werden Diagnostest als Schülerinnen und Schüler-Selbstdiagnostik, wie beispielsweise der GdCh (Krumm, Zimmerer, & Kerner, 2008) angeboten oder in Fortbildungen (Klawikowski, Roggendorf, Müssing-Pabst, & Sklarz, 2013) vorgestellt. Diese Selbstdiagnostik führt bei Lehrkräften eher zu Stärken-Schwächen-Beurteilung der Schülerinnen und Schüler und zielt auf den direkt vermittelten Unterrichtsinhalt des Faches Chemie ab. Erst in den letzten zwei Jahren werden Fortbildungen zur allgemeinen Unterrichtsdiagnostik, wie von Helmke (2012), angeboten, die zwar allgemeines Wissen vermitteln, allerdings noch auf die jeweiligen Diagnosesituationen und das Fach angepasst werden müssen. Werden Diagnosen Lehrerbasiert erhoben, geschieht dieses allerdings oft bei (fach)didaktischen Untersuchungen, um Fähigkeiten seitens der Schülerinnen und Schüler zu ermitteln, wie in Studien von Davidowitz (2010), Fach (2007), Arasasingham (2004), Hinton und Nakhleh (1999), Schmidt (1990) u.a.m. belegen, oder um Lehrerkompetenzen zu untersuchen. Stellvertretend seien hier die Studien von Nyachwaya et al (2011), Artelt (2009) und Spinath (2005) genannt.

Die hier vorgelegte Arbeit befasst sich in der Interventionsstudie mit den Metafähigkeiten, die notwendig sind, um Formelsprache zielgerichtet zu erlernen. Diese Metafähigkeiten, sowohl im Bereich der Abstraktion, als auch im Bereich der mathematischen und sprachlichen Fähigkeiten, zeigen die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler an und sollten den Lehrerinnen und Lehrern bewusst sein, um ihren Unterricht, bezogen auf das Lernen von Formelsprache, optimal anzupassen. Werden Diagnoseinstrumente, wie im Rahmen dieser Interventionsstudie durchgeführt, angeboten, verändert sich bei den Lehrkräften die Unterrichtsvorbereitung: Sie planen ihren Unterricht wegen der Ergebnisse etwas anders, was zur Folge hatte, dass die diagnostizierten Lerngruppen auf Grund der erstmaligen, deshalb noch in geringerem Umfang durchgeführten, Interventionsstudie mit dem Diagnoseinstrument zwar ein noch nicht signifikantes, aber doch ein tendenziell besseres Lernergebnis aufweisen. Es wurde festgestellt, dass Lehrkräfte bemüht sind, sobald sie von einem Defizit bezüglich der Metafähigkeiten wissen, diese beispielsweise durch Übungseinheiten (s. SCH 1) oder durch Zufügen eine weiteren Unterrichtsstunde (s. SCH2), zu kompensieren. Der Lernerfolg der Schülerinnen

und Schüler ist unabhängig vom Inhalt der Unterrichtsreihe, wie mit Hilfe dieser Untersuchung dargelegt werden konnte, allerdings wirkt sich die Länge einer Unterrichtssequenz nicht wirklich ergebnisverbessernd auf den Lernprozess aus, wie auf Basis interferenzstatistischer Untersuchungen ermittelt worden ist.

Das hier vorgestellte Diagnoseinstrument weist zwei Merkmale auf: Vor allem benötigt die Lehrkraft einen reduzierten Zeitaufwand, um dieses im Unterricht einzusetzen und die Ergebnisse sind schnell und einfach auszuwerten. Die so ermittelten Metafähigkeiten, und somit die Lernvoraussetzungen, können schnell für das Thema Formelsprache „abgelesen“ und in die Unterrichtsvorbereitung integriert werden. Trotzdem zeigte sich, dass Lehrkräfte im Bereich der Diagnostik (noch intensiver) geschult werden müssen, denn auch die beteiligten Lehrkräfte waren erst nach Verdeutlichung der Sinnhaftigkeit von Diagnostik und einer Schulung in der Lage die erhaltenen Ergebnisse für sich anzunehmen und im Unterricht zu verwenden. Bisher wurden die aus dem Diagnosetest resultierenden Erkenntnisse allerdings nicht konsequent umgesetzt (s. SCH2).

Nach Ende der praktischen Untersuchung und Vorstellung der Zwischenergebnisse waren die beteiligten Lehrkräfte doch eher überzeugt von der Sinnhaftigkeit und wenden daher diese Materialien (s. Interviews) weiterhin an, da ihnen gezeigt worden ist, welche Schülerinnen und Schüler zu fördern bzw. zu fordern gewesen sind, unabhängig von der individuellen Zensur im Fach Chemie. Auch wenn der vorgestellte Test den Lehrkräften schon Hinweise auf die Metafähigkeiten der Klasse als Ganzes gegeben hat, sollte das Diagnoseinstrument noch weiter verfeinert werden.

Zusätzlich wurde dadurch erkannt, welche Schwachstellen in den vorliegenden Unterrichtskonzeptionen vorhanden sind und wie diese - erweitert durch das Wissen über auftretende Verständnisprobleme in der Metaebene - noch besser angepasst werden können; wie beispielsweise der Unterricht binnendifferenziert gestalten werden muss, um eine individuellere Förderung der Schülerinnen und Schüler zu erlangen. Was im Rahmen dieser Studie nur im Ansatz geschehen konnte, da hier aus untersuchungstechnischen Gründen ein anonymisiertes Ergebnis ausgegeben werden konnte. In Folge kann dann ein Förder- und auch gleichzeitig ein Förderprofil in dem jeweiligen Unterricht verankert werden, was für besonders komplexe Unterrichtsinhalte, wie auch das Erlernen der Formelsprache, wesentlich ist, um mehr Schülerinnen und Schüler zu befähigen, das Lernziel zu erreichen.

Insgesamt erhält man, mit Einklang der Literatur von Barth (2010), Krolak-Schwerdt et al (2009) sowie Baumert und Kunter (2006) u. a., durch die Interventionsstudie mehrere wesentliche Indizien als Resultate, die Diagnostik als Lehrerkompetenz unabdingbar machen. Diese sind wie folgt zusammengefasst:

4. Das Wissen über Metafähigkeiten als Lernvoraussetzung der Schülerinnen und Schüler erleichtern die Unterrichtsplanung und den späteren Unterricht, sodass keine ad hoc Konstrukte zur Verminderung von Lernschwierigkeiten entwickelt werden müssen.
5. Individuelle Förderung/Forderung von Schülerinnen und Schülern kann binnendifferenziert geschehen.
6. Lehrkräfte müssen im Umgang mit Diagnoseinstrumenten geschult werden, um einen optimalen Einsatz dieser zu gewährleisten.

Die Resultate dieser Studie sollten in einer noch breiter angelegten Untersuchung manifestiert werden, da sich die, im Rahmen dieser zwar aufwändigen – trotzdem noch in geringerem Umfang - durchgeführten Erst-Studien zur adäquaten Adaptierung neu konzipierter Diagnoseverfahren im Chemieunterricht, zu erwarteten Ergebnisse mit noch deutlich höherer Plausibilität aufzeigen ließen. Einige nachbereitete Resultate konnten wegen zu geringem Probenumfang statistisch noch nicht hinreichend belegt werden.

Schlussfolgend für beide Studien lässt sich sagen, dass die Forderung nach Verbesserung der Lehrerkompetenz „Diagnostik“ in den Schulen noch besser umgesetzt werden und fachdidaktisch eng begleitet werden muss. Dieses zunächst für den Chemieunterricht neu konzipierte Diagnoseinstrument und der sich daraus ergebende Lernprozess sollten durch weitere Begleituntersuchungen in größerem Umfang verstärkt und erwartungsgemäß optimiert werden. Zusätzlich müssen weitere derartig funktionierende Diagnoseinstrumente entwickelt werden, um den Lehrkräften eine wirksame Unterstützung für ihre Unterrichtsplanung und -gestaltung an die Hand zu geben womit eine Reduzierung an Zeit- und Arbeitsaufwand erreicht wird.

## **6.2 Ausblick**

Seit dem im Rahmen der VCI-Lehrerkongresse in Düsseldorf (2012 und 2013) und der GDGP-Tagung in München (2013) einige Ergebnisse dieser Arbeit vorgestellt worden sind, ist das Interesse vieler Lehrkräfte deutlich gestiegen, dieses neu entwickelte Diagnoseinstrument einzusetzen und auch an einer erheblich ausgeweiteten Folgestudie teilzunehmen.

Um Diagnoseverfahren noch in größerem Maße zu implementieren, sollten mit den erstellten Materialien Fortbildungen durchgeführt werden, denn viele Lehrerinnen und Lehrer wollen im Umgang mit Diagnoseverfahren geschult werden, da sie erkennen, dass der Einsatz von Metafähigkeiten zwar durch den Unterrichtsinhalt gefordert wird, diese Metafähigkeiten aber nur unbewusst angesprochen werden. Oft spielen diese Metafähigkeiten eine wesentliche Rolle beim Erlernen und Verstehen oder Nichtverstehen von komplexen Sachverhalten.

Interessant wäre es, Diagnoseverfahren für noch weitere Inhalte des Kernlehrplanes zu entwickeln, um eventuell noch weitere Metafähigkeiten zu erfassen. Viele abstrakte Inhalte könnten dann noch

individueller angepasst werden. Hier bieten sich auch die computerunterstützten Unterrichtsreihen in Elektrochemie, (Vetters & Pietzner, 2005), und organischer Chemie (Pietzner, Vetters, & Schwab, 2010) an, die in der Arbeitsgruppe von Frau Professor Pietzner entwickelt worden sind, um hier computerunterstützte Lernprozesse noch besser zu integrieren und auch zu optimieren.

Ein weiterer Schwerpunkt sollte auf die experimentellen Fähigkeiten gelegt werden, da immer mehr Lernende Probleme haben, aus Experimenten Lernwissen zu ziehen. Die Diagnostik der Beobachtungsfähigkeiten und der daraus resultierenden Erkenntnisse ist für Lehrerinnen und Lehrer wesentlich, denn sie müssen bei binnendifferenzierten Experimentierphasen davon ausgehen (können), dass Schülerinnen und Schüler sinnvolle Informationen aufnehmen und in Lernwissen überführen können (sollten). Ein weiterer wichtiger diagnostischer Anlass liegt im Bereich der praktischen Fähigkeiten, denn diese sind beim Experimentieren ein wesentlicher Bestandteil. Leider ist zu beobachten, dass diese Fähigkeiten bei Schülerinnen und Schülern abnehmen. Die Fachlehrkraft ist in Zukunft gefordert, häufiger individuelle Schwierigkeiten zu diagnostizieren und in Folge darauf adäquat zu reagieren und damit ihren Fachunterricht zu planen und zu gestalten.

Insgesamt bietet dieses Thema noch ein großes Umfeld, um Lernprozesse besser zu steuern und auch zu verstehen, denn gerade im MINT-Bereich ist dieses Wissen über Metafähigkeiten ein essentieller Bestandteil, um komplexe Sachverhalte anschaulich zu konzipieren und dann in „guten“ Unterricht umzusetzen.

## 7 Verwendete Statistische Verfahren

Hier werden kurz die mathematischen Begriffe und statistischen Verfahren vorgestellt, die im Rahmen dieser Arbeit verwendet worden sind. Es werden keine mathematischen Erklärungen geliefert, sondern nur die Aussage des jeweiligen Verfahrens und die dazu notwendigen Parameter dargestellt.

Die verwendeten Quellen sind bewusst separat aufgeführt.

Tabelle 79: Mathematische Begriffe und statistische Verfahren

Begriff/Verfahren	Kurzerklärung	Signifikanz-Parameter
Dichotome Variable	Nominal skalierte Variable kennen nur eine begrenzte Zahl an möglichen Ausprägungen. Ist die Zahl der möglichen Ausprägungen auf zwei beschränkt, so spricht man von einer <b>dichotomen</b> oder <b>binären</b> Variable	
Signifikanz	Unterschiede zwischen Messgrößen oder Variablen in der Statistik werden als signifikant bezeichnet, wenn die Wahrscheinlichkeit, dass sie durch Zufall derart zustande kommen würden, nicht über einer gewissen Schwelle liegen	
p-Wert	Der p-Wert ist eine Kennzahl zur Auswertung statistischer Tests (auch Signifikanzwert; englisch p-value von probability)	$p \geq 0,05$ nicht signifikant $p \leq 0,05$ signifikant
Cronbach-Alpha	Cronbachs Alpha bezeichnet man als auch <b>Maß der internen Konsistenz einer Skala</b> . Das Messverfahren sollte nur verwendet werden, wenn ein <b>Wert für <math>\alpha</math> von 0,5</b> oder mehr erreicht wird	$\alpha \geq 0,5$
Reliabilität	Die <b>Reliabilität</b> beschreibt die <b>Zuverlässigkeit einer Messung</b> , d. h. die Angabe ob ein Messergebnis bei einem erneuten Versuch bzw. einer erneuten Befragung unter den gleichen Umständen stabil ist	Cronbach-Alpha
Trennschärfe	Der Trennschärfe eines Items ist zu entnehmen, wie gut das gesamte Testergebnis auf Grund der Beantwortung eines einzelnen Items vorhersagbar ist.	Trennschärfe-Koeffizient <b>0,3 bis 0,5 mittlere Trennschärfe</b> <b><math>\geq 0,5</math> gute Trennschärfe</b>
Korrelation	Mit Hilfe der Korrelationsanalyse werden Beziehungen zwischen den Variablen ermittelt. Als Maß für die (lineare) Korrelation wird meist der Korrelationskoeffizient verwendet	Korrelationskoeffizient Werte von 0,0 - 1 möglich (keine bis sehr hohe Korrelation)
Pearson-Chi <sup>2</sup> -Test $\chi^2$	Mit dem Pearson Chi <sup>2</sup> -Test wird überprüft, ob die in einer Stichprobe beobachtete Häufigkeitsverteilung über die Zellen einer Kreuztabelle mit der Hypothese der Unabhängigkeit von Zeilen- und Spaltenvariable in der Grundgesamt „verträglich“ ist. Um den Zusammenhang zweier nominalskalierte Merkmale zu untersuchen, lässt sich ein Chi <sup>2</sup> -Test durchführen. Zur Überprüfung der Stärke und der Richtung des Zusammenhangs lassen sich dann einige Koeffizienten berechnen. Die Berechnung dieser Koeffizienten beruht dabei auf so genannten Kreuztabellen	p-Wert
Mann-Whitney-U-Teststatistik Rangsummentest	Ein Mann-Whitney-Test für unabhängige Stichproben ist ein nichtparametrischer Test zur approximativen Überprüfung [P(U)], ob die zentrale Tendenz von <b>zwei</b> verschiedenen Stichproben gleich (zweiseitig, Nullhypothese $H_0$ ) oder unterschiedlich (einseitig, Alternativhypothese: $\neq H_0$ ) ist. Dafür wird ein bestimmtes Signifikanzniveau ( $\alpha$ ) zugrunde gelegt. Die abhängige Variable muss dabei nicht normalverteilt, aber mindestens ordinalskaliert sein.	min (U) < $U_{krit}$ exakt P(U) approximative Überprüfung z. B. Entscheidung entsprechend dem $\alpha$ (%-Quantil, einseitig bzw. zweiseitig) der Standard Normalverteilung (tabelliert)

Begriff/Verfahren	Kurzerklärung	Signifikanz-Parameter
Wilcoxon-Teststatistik Rangsummenstatistik	Ein Wilcoxon-Test für abhängige Gruppen ist ein nichtparametrischer Test zur Überprüfung, ob die zentrale Tendenz von <b>zwei verbundenen</b> Stichproben signifikant unterschiedlich ist. Die abhängige Variable muss dabei nicht normalverteilt sein, sollte aber mindestens ordinalskaliert sein	P(W)
Kruskal-Wallis-Teststatistik (H-Test)	Ein Kruskal-Wallis-Test für unabhängige Stichproben ist ein nichtparametrischer Test zur approximativen Überprüfung, ob sich die zentralen Tendenzen von <b>mehr als zwei</b> verschiedenen Stichproben signifikant voneinander unterscheiden. Die berechnete Prüfgröße H wird mit einer theoretischen Größe aus der Chi-Quadrat-Verteilung für eine gewählte Fehler 1. Art verglichen. Ist der errechnete H-Wert größer als der H-Wert aus der Chi-Quadrat-Tabelle, wird $H_0$ verworfen, es besteht also ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Die abhängige Variable muss dabei nicht normalverteilt, aber mindestens ordinalskaliert sein	H-Wert [entspricht p (s. $\chi^2$ -Test)]
Rang / Rangzahl	Die Ränge oder Rangzahlen eines Merkmals bezeichnen die der Größe nach geordneten Merkmalsausprägungen. Werden diese als Merkmalswerte (Kategorien) mit (Rang-)Zahlen (Ordnungsziffern) belegt, werden diese so gewählt, dass die Rangfolge der Zahlen der Rangfolge der Ausprägungen entspricht (s. Ordinalskala).	
Rangsumme	Summe aller Ränge (s. Rangsummentest)	
Nominalskala	Ein Merkmal skaliert nominal, wenn seine möglichen Ausprägungen zwar unterschieden werden können, aber keine natürliche Rangfolge aufweisen. Ein nominal skalierendes Merkmal wird messbar gemacht durch eine Beschreibung von Kategorien, nach der jede Untersuchungseinheit (genau) einer Kategorie - ohne Rangfolge - zugeordnet werden kann, z.B. Einteilung der Geschlechtszugehörigkeit: m, w; oder der Konfession(zugehörigkeit).	
Ordinalskala	Die Ordinalskala dient in der Statistik der Charakterisierung von (Zufalls-)Variablen mit Ausprägungen, zwischen denen eine natürliche Rangordnung besteht (Einteilung in Klassen), z.B. schulische Klassifizierung nach Rangordnung von sehr gut (1) bis ungenügend (6) oder: sehr zufrieden, zufrieden, weniger zufrieden usw., math.: größer(>), gleich (=), kleiner (<). Jede Ordinalskala ist, als Untermenge, eine Nominalskala.	

<http://www.bb-sbl.de/tutorial/stichproben/reliabilitaetvaliditaetobjektivitaet.html> (Zugriff am 21.01.2015)

<http://www.bb-sbl.de/tutorial/merkmale/raenge.html> (Zugriff am 21.05.2015)

Besag, Clifford: *Sequential Monte Carlo p-values*. In: *Biometrika* Nr. 78(2), 1991. S. 301-304. doi:[10.1093/biomet/78.2.30](https://doi.org/10.1093/biomet/78.2.30)

Bortz, Jürgen: *Statistik: Für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer, Berlin 2005, ISBN 3-540-21271-X.

Darren George, Paul Mallery: *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 11.0 Update*. 4. Auflage. Allyn & Bacon, 19. August 2002, ISBN 978-0205375523, S. 231

Hirsig, R. (2001). *Statistische Methoden in den Sozialwissenschaften: Eine Einführung im Hinblick auf computergestützte Datenanalysen mit SPSS für Windows: Band 2* (3.Auflage). Zürich: Seismo

Lienert, G. & Raatz, A. (2001): *Testanalyse und Testkonstruktion*. Weinheim: Beltz

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Dreieck von Johnstone (1993)	17
Abbildung 2: Die Verarbeitung von Informationen nach Johnstone (1993, übersetzt)	27
Abbildung 3: Die Verarbeitung von Informationen nach Gabel/Krajcik (1999, übersetzt)	30
Abbildung 4: Abstraktionsebenen von Sprache nach J. Leisen (2011)	38
Abbildung 5: Geschlechtsverteilung innerhalb der jeweiligen Schultypen bezogen auf die Gesamtstichprobe (Gesamt)	53
Abbildung 6: Geschlechts und Altersverteilung der befragten Lehrkräfte (GY)	54
Abbildung 7: Geschlechts- und Altersverteilung der befragten Lehrkräfte (HS, RS, GE)	54
Abbildung 8: Studienabschlüsse der befragten Lehrkräfte und Verteilung auf die Schulformen	55
Abbildung 9: Berufliches Engagement der Lehrkräfte an den untersuchten Schultypen (Angaben in %)	55
Abbildung 10: Bekanntheitsgrad der      Abbildung 11: Bekanntheitsgrad der	56
Abbildung 12: Verwendung von Untersuchungsmethoden /Kombination von Untersuchungsmethoden (GY)	58
Abbildung 13: Verwendung von Untersuchungsmethoden / Kombination von Untersuchungsmethoden (HS, RS, GE)	58
Abbildung 14: Erkennen von Lernvoraussetzungen (GY) (Frage 7)	60
Abbildung 15: Erkennen von Lernvoraussetzungen (HS, RS, GE) (Frage 7)	61
Abbildung 16: Tatsächliche Verwendung von Diagnoseverfahren (GY) (Frage 8)	63
Abbildung 17: Tatsächliche Verwendung von Diagnoseverfahren (HS, RS, GE) (Frage 8)	63
Abbildung 18: Nennungen Lehrkräfte über mögliche Fehlvorstellungen [GY (rot), HS, RS, GE (blau)]	67
Abbildung 19: Nennungen der Lehrkräfte über Strategiefehler [(GY (blau), HS, RS, GE (rot))]	68
Abbildung 20: Information über die Fehlvorstellungen (GY); Prozentangaben bezogen auf die Gesamtzahl der Antworten	70
Abbildung 21: Information über die Fehlvorstellungen (HS, RS, GE); Prozentangaben bezogen auf die Gesamtzahl der Antworten	71
Abbildung 22: Information über die Strategiefehler (GY); Prozentangaben bezogen auf die Gesamtzahl der Antworten	72
Abbildung 23: Information über die Strategiefehler (HS, RS, GE); Prozentangaben bezogen auf die Gesamtzahl der Antworten	73
Abbildung 24: Einschätzung des Wissens über Abstraktionsfähigkeit (Frage 4a)	74
Abbildung 25: Erhebung der Abstraktionsfähigkeit (Frage 4b)	75
Abbildung 26: Einschätzung der mathematischen Fähigkeiten (Frage 5a)	76
Abbildung 27: Erhebung der mathematischen Fähigkeiten	77
Abbildung 28: Einschätzung sprachlicher Fähigkeiten (Frage 6a)	78
Abbildung 29: Erhebung der sprachlichen Fähigkeiten	79
Abbildung 30: Verteilung der didaktischen Ansätze	80
Abbildung 31: Einsatz von Medien GY      HS, RS, GE	84

Abbildung 32: Wahrnehmung von Problemen während des Unterrichts am Gymnasium (als Folge von Unter- und Überforderung)	87
Abbildung 33: Wahrnehmung von Problemen während des Unterrichts an Hauptschule, Realschule und Gesamtschule (als Folge von	87
Abbildung 34: Anpassung des Unterrichts bei Verständnisproblemen (GY)	92
Abbildung 35: Anpassung des Unterrichts bei Verständnisproblemen (HS, RS, GE)	92
Abbildung 36: Aufgabe 1: Mathematische Fähigkeiten inkl. Lösung	99
Abbildung 37: Aufgabe 2: Sprachliche Fähigkeiten (instruktionales Lesen)	100
Abbildung 38: Musterlösungen Aufgabe 2 (alternativ)	101
Abbildung 39: Aufgabe 3: Sprachliche Fähigkeiten: Lesekonzentrationstest (Symbolsuche)	101
Abbildung 40: Abstraktionsfähigkeit: Paperfolding-Test	102
Abbildung 41: Frage 1 mit Musterlösung	108
Abbildung 42: Frage 2 mit Musterlösung	108
Abbildung 43: Frage 3 mit Lösungshinweis	109
Abbildung 44: Arbeitsauftrag für die Bildfolge in Aufgabe 4 (vollständig im Anhang II.2)	110
Abbildung 45: Reaktionsschema und Reaktionsgleichung für Aufgabe 4	110
Abbildung 46: Diagnostettest SCH 1, summarische Auswertung des Diagnostetests	117
Abbildung 47: Diagnostettest SCH 1, Angabe der Einzelergebnisse der Schülerinnen und Schüler im jeweiligen Test-Teil	118
Abbildung 48: Gegenüberstellung Wissenserfassung Prae-Posttest SCH 1: Diagnose- und Referenzgruppe	126
Abbildung 49: Diagnostettest SCH 2, summarische Auswertung des Diagnostetests	133
Abbildung 50: Diagnostettest SCH 2, Angabe der Einzelergebnisse der Schülerinnen und Schüler im jeweiligen Test-Teil	134
Abbildung 51: Gegenüberstellung Häufigkeitsverteilung Wissenserfassung Prae-Posttest SCH 2 Diagnose- und Referenzgruppe	142

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Ansätze zur Vermittlung der Formelsprache	19
Tabelle 2: Übersicht über relevante Inhaltsfelder und Basiskonzepte im Vergleich zu den didaktischen Ansätzen	22
Tabelle 3: Übersicht über relevante Inhaltsfelder und Basiskonzepte im Vergleich zu den didaktischen Ansätzen, notwendige Auszüge	23
Tabelle 4: Übersicht über Inhaltsfelder und Basiskonzepte im Vergleich zu den didaktischen Ansätzen	24
Tabelle 5: Übersicht über Inhaltsfelder und Basiskonzepte im Vergleich zu den didaktischen Ansätzen	25
Tabelle 6: Mann-Whitney-Test (U-Test): Vergleich des Bekanntheitsgrades der Unterrichtsdiagnostik	57
Tabelle 7: Auswahl der Problemfeldnennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 7)	59
Tabelle 8: Auswahl der Problemfeldnennung (unverändert übernommen) mit der daraus abgeleiteten Kategorie (Frage 8)	60
Tabelle 9: Erkennen von Lernvoraussetzungen (GY)	61
Tabelle 10: Erkennen von Lernvoraussetzungen (HS, RS, GE)	62
Tabelle 11: Verwendung von Diagnoseinstrumenten zur Ermittlung von Lernvoraussetzungen (GY)	64
Tabelle 12: Verwendung von Diagnoseinstrumenten zur Ermittlung von Lernvoraussetzungen (HS, RS, GE)	64
Tabelle 13: Auswahl der Problemfeldnennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 13)	66
Tabelle 14: Auswahl der Problemfeldnennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 14)	68
Tabelle 15: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 4b)	74
Tabelle 16: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 5b)	76
Tabelle 17: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 6b)	78
Tabelle 18: Möglicher Unterrichtsgang an einem Gymnasium	81
Tabelle 19: Möglicher Unterrichtsgang an der Gesamtschule	82
Tabelle 20: Möglicher Unterrichtsgang an der Realschule	82
Tabelle 21: Möglicher Unterrichtsgang an der Hauptschule	82
Tabelle 22: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 9)	84
Tabelle 23: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 10)	86
Tabelle 24: Wahrnehmung von Problemen und Einsatz von Diagnostik am Gymnasium in Bezug auf die gegebenen Antworten	89
Tabelle 25: Wahrnehmung von Problemen und Einsatz von Diagnostik an Haupt-, Real-, und Gesamtschule	90
Tabelle 26: Auswahl der Nennung (unverändert übernommen) mit daraus abgeleiteter Kategorie (Frage 9)	91
Tabelle 27: Reliabilität: Lernstandserhebung	103
Tabelle 28: Reliabilität: Diagnosetest (Gesamttest)	104
Tabelle 29: Reliabilität: Diagnosetest (mathematisch-abstrakter Fragenkomplex)	104
Tabelle 30: Reliabilität: Diagnosetest (sprachlicher Fragenkomplex)	104

Tabelle 31: Trennschärfe Diagnosetest (bezogen auf den Gesamttest)	105
Tabelle 32: Konstruktvalidität: Diagnosetest (Korrelation LSE, Diagnosetest)	106
Tabelle 33: Kriteriumsvalidität: (Korrelation Diagnosetest-Zensur Chemie)	106
Tabelle 34: Reliabilitätstest des Leistungstests	110
Tabelle 35: Schulinternes Curriculum Zweites Gymnasium (SCH 2), achte. Jahrgangsstufe, Zuordnung der Studie	113
Tabelle 36: Übersicht über die zeitliche Abfolge der Untersuchung	114
Tabelle 37: Verteilung Jungen Mädchen Schule 1	115
Tabelle 38: Altersverteilung Schule 1	115
Tabelle 39: Leistung nach Zensuren Schule 1	115
Tabelle 40: Verteilung Jungen Mädchen Schule 2	115
Tabelle 41: Altersverteilung Schule 2	115
Tabelle 42: Leistung nach Zensuren Schule 2	115
Tabelle 43: Übersicht über die Abfolge des Unterrichts nach dem Diagnosetest (Stunde 1 und 2)	119
Tabelle 44: Übersicht über die Abfolge des Unterrichts zwischen Diagnosegruppe und Referenzklasse (Stunde 3 und 4; eckige Klammern nach Rücksprache ergänzt)	120
Tabelle 45: Übersicht über die Abfolge des Unterrichts (Stunde 5 und 6; eckige Klammern nach Rücksprache ergänzt)	120
Tabelle 46: Schule 1 (SCH 1) Prae-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-, R- Referenzklasse)	122
Tabelle 47: SCH-1: H- Test (Signifikanzen bezogen auf Praetest D, R-Klassen)	123
Tabelle 48: Schule 1 (SCH 1) Post-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-, R- Referenzklasse)	125
Tabelle 49: H- Test Signifikanzen Posttest	125
Tabelle 50: H- Test Ränge in Bezug auf Antworten	126
Tabelle 51: H- Test Signifikanzen Prae-Post Test in Bezug auf Antworten	127
Tabelle 52: Wilcoxon-Test	127
Tabelle 53: Wilcoxon-Test, Signifikanz	127
Tabelle 54: Schule 1 (SCH 1) Follow-Up-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-, R- Referenzklasse)	129
Tabelle 55: H-Test Signifikanzen Follow-Up-Test	129
Tabelle 56: Wilcoxon-Test Follow-Up-Test- Prae-Test	130
Tabelle 57: Wilcoxon-Test, Signifikanzen Follow-Up-Test-Prae-Test	130
Tabelle 58: Wilcoxon-Test Follow-Up-Post-Test	130
Tabelle 59: Wilcoxon-Test, Signifikanzen Follow-Up-Test-Post-Test	131
Tabelle 60: Übersicht über die Abfolge des Unterrichts an SCH 2	136
Tabelle 61: Schule 2 (SCH 2) Prae-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-, R- Referenzklasse)	139
Tabelle 62: H-Test Signifikanzen Prae-Test	140
Tabelle 63: Schule 2 (SCH 2) Post-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-, R- Referenzklasse)	141
Tabelle 64: H-Test Signifikanzen Post-Test	141
Tabelle 65: H-Test Ränge in Bezug auf Antworten	143
Tabelle 66: H-Test Signifikanzen Prae-Post Test in Bezug auf Antworten	143

Tabelle 67: Wilcoxon-Test	143
Tabelle 68: Wilcoxon-Test, Signifikanzen	143
Tabelle 69: Schule 2 (SCH 2) Follow-Up-Test: H-Test Ränge (D: Diagnose-,R: Referenzklasse)	145
Tabelle 70: H-Test Signifikanzen Follow-Up-Test	145
Tabelle 71: Wilcoxon-Test Follow-Up-Test-Prae-Test	146
Tabelle 72: Wilcoxon-Test, Signifikanzen, Follow-Up-Test-Praetest	146
Tabelle 73: Wilcoxon-Test, Follow-Up-Post-Test	146
Tabelle 74: Signifikanzen, Follow-Up-Test-Post-Test	147
Tabelle 75: U-Test: Vergleich der beiden Diagnosegruppen	149
Tabelle 76: U-Test Signifikanzen Follow-Up-Test Diagnosegruppenvergleich	150
Tabelle 77: U-Test: Referenzgruppenvergleich	151
Tabelle 78: Signifikanzen U-Test Vergleich der Referenzgruppen	152
Tabelle 79: Mathematische Begriffe und statistische Verfahren	162

## 10 Literaturverzeichnis

- Aebli, H. (1987). *Grundlagen des Lehrens: Eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage*. Stuttgart.
- Agel, C., Beese, M., & Krämer, S. (2012). Naturwissenschaftliche Sprachförderung. *MNU der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, S. 36-44.
- Anton, M. (2005). Guter Chemieunterricht in schlechten Zeiten. *Plus Lucis*, S. 16-22.
- Arasasingham, R. D., Taagepera, M., Potter, F., & Lonjers, S. (2004). Using Knowledge Space Theory To Assess Student Understanding of Stiochiometry. *Journal of Chemical Education*, S. 1517-1523.
- Artelt, C., & Gräsel, C. (2009). Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, S. 157-160.
- Aschemann-Pilshofer, B. (2001). *Wie erstelle ich einen Fragebogen? Ein Leitfaden für die Praxis*. Karl Franzens Universität, Institut für Wissens- und Forschungsvermittlung, Graz.
- Balsler, H., & Ringsdorf, H. (1986). *Berufsbezogener Rechentest BRT*. Weinheim: Beltz.
- Barke, H. (1980). Chemieunterricht ohne Formeln und Gleichungen? *Chimica Didactica*, S. 139-146.
- Barke, H. (1982). Probleme bei der Verwendung von Symbolen im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 30, S. 131-133.
- Barke, H. (1988). Chemische Symbole in der Fachwissenschaft. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 36(35), S. 3-5.
- Barke, H. (1988). Strukturvorstellungen als Mittler zwischen Pänomen und Symbolen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 35, S. 6-15.
- Barke, H. D. (2002). Das chemische Dreieck. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 67, S. 45-46.
- Barke, H., & Wirbs, H. (2001). Der strukturorientierte Weg zur Formelsprache. In H. Barke, B. Duvinage, Freytag, K., R. Meloefski, T. Riecke-Baulecke, . . . H. Wirbs, K. Freytag, & E. Thomas (Hrsg.), *Handbuch des Chemieunterrichts Sekundarbereich I* (Bd. 3). Köln: Aulis.
- Barke, H., Duvinage, B., Freytag, K., Meloefski, R., Riecke-Baulecke, T., Thomas, E., & Wirbs, H. (2001). In H. Barke, B. Duvinage, K. Freytag, R. Meloefski, T. Riecke-Baulecke, E. Thomas, H. Wirbs, K. Freytag, & E. Thomas (Hrsg.), *Handbuch des Chemieunterrichts Sekundarstufe I* (Bd. 3). Köln: Aulis.
- Barth, C. B. (2010). *Kompetentes Diagnostizieren von Lernvoraussetzungen in Unterrichtssituationen - Eine theoretische Betrachtung zur Identifikation bedeutsamer Voraussetzungen*. Dissertation, PH Weingarten, Weingarten.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), S. 469-520.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., . . . Tsai, Y. (3 2010). Teachers Mathematical Knowledge Cognitive Activation in the Classroom and Student Progress. *American Educational Research Journal*, S. 137-180.

- Bent, H. (1984). Uses (and Abuses) of Models in Teaching Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 9, S. 774-777.
- Bernholt, S., Fischer, I., Heuer, S., Taskin, V., Martens, J., & Parchmann, I. (2012). Die chemische Formelsprache-(un-)vermeidbare Hürden auf dem Weg zu einer Verständniserwicklung? *Chemkon*, S. 171-179.
- Blaes, C. N.-4. (2012). Diagnose und individuelle Förderung im Chemieunterricht. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* (S. 434-436). Berlin: Lit.
- BMBF. (2004). Chemie: Fachspezifisches Kompetenzprofil. In B. f. Forschung, *Forderungen für das Lehramtsstudium ab WS 2005/2006*.
- Bolte, C. (1996). *Analyse der Schüler-Lehrer-Interaktion im Chemieunterricht* (Bd. 152). Kiel: IPN.
- Bortz, J. (02. 12 2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaften*. Heidelberg: Springer.  
Abgerufen am 21. 09 2014 von www. Universität Zürich, Methodenberatung
- Bromme, R., & Haag, L. (2008). Forschung zur Lehrerpersönlichkeit. In W. Helsper, & J. Böhme, *Handbuch zur Schulforschung* (S. 803-819). Springer.
- Brosius, F. (2012). *Statistische Daten clever analysieren, SPSS 20 für Dummies*. Weinheim: Wiley.
- Bucat, R. (2004). Pedagogical Content Knowledge as a Way forward Applied Research in Chemistry Education. *Chemistry Education: Research and Practice*, S. 215-228.
- Buch, S. (2008). *Besondere Begabungen: Diagnostische Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte*. Vortrag, Saarbrücken.
- CCSSO. (1992). *Model Standards for Beginning Teacher Licensing, Assessment and Development: A Resource for State Dialogue*. Interstate New Teacher Assessment and Support, Washington.
- Christen, H. (1994). Nochmals die Eisensulfidsynthese. *Chemie in der Schule* 2, S. 70.
- Davidowitz, B., Chittleborough, G., & Murray, E. (2010). Student-generated submicrodiagrams: a useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, S. 154-164.
- Devetak, I., Urbancic, M., Grm, K., Krnel, D., & Glazar, S. (2004). Submicroscopic representations as a tool for evaluating students' chemical conceptions. *Acta Chimica Slovenia*, S. 799-814.
- Ekstrom, French, Harmann, & Dermen. (1976). *Manual for kit of factor referenced cognitive tests*.
- EU. (2007). *MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DEN RAT UND DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT: Verbesserung der Qualität der Lehrerbildung*. KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN. Brüssel: GEMEINSCHAFTEN, KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN.
- Eylon, B., Ben-Zvi, R., & Silberstein, J. (1987). Hierarchical task analysis -An approach for diagnosing students' conceptual difficulties. *International Journal of Science Education*, S. 187-196.
- Fach, M. (2007). *Stöchiometrisches Rechnen im Chemieunterricht - Entwicklung, konzeptionelle Einbettung und Optimierung von Lernangeboten auf der Basis empirischer Untersuchungen (Dissertation)* (Bd. Studien zur Kontextorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht). (I. Parchmann, C. Hößle, M. Komorek, & K. Wloka, Hrsg.) Tönning: Der andere Verlag.
- Fuhrmann, C. (2009). Lernstandserhebungen als Mittel zur Steuerung von Bildungssystemen: Verbessertes statistisches Modell zur Auswertung von Kompetenzmessungen. In U. Lange, S.

- Rohn, S. W., & R. Knörzel, *Steuerungsprobleme im Bildungswesen*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gabel, D. L. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemistry Education*, S. 548-554.
- Gabel, D. L., & K.V.Samuel. (1987). Understanding the Particulate Nature of Matter. *Journal of Chemical Education*, S. 695-697.
- Gagné, M., & Deci, E. (2005). Self-determination theory an work motivation. *Journal of Organizational Behaviour*, 26, S. 331-361.
- Glazar, S., & Devetak, I. (2002). Secondary school students' knowledge of stoichiometry. *Acta Chimica, Slovenia*, S. 43-43.
- Gräber, W. S. (1984). Die Entwicklungspsychologie Jean Piagets als Mahnerin und Helferin des Lehrers im naturwissenschaftlichen Unterricht. Teil 1. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 37, S. 193-200.
- Harsch, G., Heimann, R., & Kipker, A. (2003). Verständnisprobleme mit der Formelsprache im Chemieunterricht. *Chimica Didactica*, S. 251-266.
- Haubrich, H., Kirchberg, G., Brucker, A., Engelhard, K., . . . Richter, D. (1997). *Didaktik der Geographie-Konkret*. München: Oldenbourg.
- Helmke, A. (2012). Lehrerfortbildung zur EMU, Bezirksregierung Detmold. (Vetters, Interviewer) Detmold.
- Helmke, A., Helmke, T., Lenske, G. P., Praetorius, A., Schrader, F., & Ade-Throw, M. (01. 02 2014). *Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik und -entwicklung*. Abgerufen am 23. 03 2014 von [http://www.unterrichtsdiagnostik.info/media/files/Broschuere%20Version%204.2\\_22.01.14.pdf](http://www.unterrichtsdiagnostik.info/media/files/Broschuere%20Version%204.2_22.01.14.pdf).
- Helmke, A., Hosenfeld, I., & Schrader, F. (2004). Vergleichsarbeiten als Instrument zur Verbesserung der Diagnosekompetenz von Lehrkräften. In R. Arnold, & C. Griese, *Schulmanagement und Schulentwicklung* (S. 1-21). Hohengehren: Schneider-Verlag.
- Heuer, S., & Parchmann, I. (2008). Son2e oder Fus2bal2 Wie Sechstklässler die chemische Formelsprache interpretieren. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, S. 20-25.
- Hinton, M., & Nakhleh, M. (1999). Students' Microscopic, Macroscopic and Symbolic Representations of Chemical Reactions. *Chemical Educator*, S. 158-167.
- Hirsig, R. (2001). *Statistische Methoden in den Sozialwissenschaften: Eine Einführung im Hinblick auf computergestützte Datenanalysen mit SPSS für Windows* (Bd. 2). Zürich: Seismo. Abgerufen am 07. 08 2014 von [www.Universität Zürich Methodenberatung](http://www.Universität Zürich Methodenberatung)
- Hoffmann, R., & Laszlo, P. (1991). Darstellungen inder Chemie - die Sprache der Chemiker. *Angewandte Chemie*(1), S. 1-16.
- Hosemann, E. (1999). *zur Problematik der Überprüfbarkeit von Verstehen im Physik/Chemieunterricht der 8. Schulstufe*. Institut für Interdisziplinäre Forschung und fortbildung, Abteilung "Schule und gesellschaftliches Lernen". Klagenfurt: Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen, PFL-Naturwissenschaften.

- Hosenfeld, I., Helmke, A., & Schrader, F. (2002). Diagnostische Kompetenz: Unterrichts- und Lernrelevante Schülermerkmale und deren Einschätzung durch Lehrkräfte in der Unterrichtsstudie SALVE. In M. Prenzel, & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (S. 65-82). Weinheim: Beltz.
- Institut für Pädagogik. (2009). "Methoden-Reader zur Oldenburger Teamforschung, Oldenburger VorDrucke 487, 2009" (erhältlich im DiZ):. Abgerufen am 2014 von <http://www.uni-oldenburg.de/paedagogik/forschung/arbeitsstellen/forschungswerkstatt/materialien/>.
- Jäger, & R. (2006). Diagnostischer Prozess. In F. Petermann, & M. Eid (Hrsg.), *Handbuch der Psychologischen Diagnostik* (S. 89-96). Göttingen: Hogrefe.
- Johnstone, A. (2000). Teaching Chemistry-Logical or Psychological. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, S. 9-15.
- Johnstone, A. (1983). Chemical Education Research - Facts, Findings and Consequences. *Journal of Chemical Education*, 11, S. 968-971.
- Johnstone, A. (1993). The Development of Chemistry Teaching. *Journal of Chemistry Education*, S. 701-705.
- Johnstone, A. (1997). Chemistry Teaching - Science of Alchemy? *Journal of Chemical Education*, S. 262-268.
- Johnstone, A. (2010). You Can't There from Here. *Journal of Chemical Education*, S. 22-29.
- Johnstone, A., & Sleet, R. (1994). An Information Processing Model of Learning: Its Application to an Undergraduate Laboratory Course in Chemistry. *Studies in Higher Education*, S. 77-88.
- Kaminski, B., Flint, A., & Jansen, W. (1994). Die Ermittlung der chemischen Formel im Anfangsunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, S. 12-15.
- Kelly, R., Barrera, J., & Mohamed, S. (2010). An Analysis of Undergraduate General Chemistry Students' Misconceptions of the Submicroscopic Level of Precipitation Reactions. *Journal of Chemical Education*, S. 113-118.
- Kern, A., Wood, N., Roehrig, G., & Nyachwaya, J. (2010). A qualitative report of the ways high school chemistry students attempt to represent a chemical reaction at the atomic/molecular level. *Chemistry Education Research and Practice*, S. 165-172.
- Klawikowski, P., Roggendorf, R., Müssing-Pabst, T., & Sklarz, T. (2013). Diagnose und individuelle Förderung im Chemieunterricht des Gymnasiums. *Sinus-Kongress: Unterricht entwickeln - Kompetenzen fördern Impulse für den naturwissenschaftlich-technisch-mathematischen Unterricht*. Dortmund: Sinus Nordrhein-Westfalen, Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen.
- KMK. (2004). [www.kmk.org/fileadmin/.../2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/.../2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf). (A. d. Kultusminister, Hrsg.) Abgerufen am 17. 3 2014
- Kognitiver Fähigkeits-Test für 5.-12./13. Klassen, Revision (KFT 5-12+R). (2000). Göttingen: Beltz.
- Kretschmann, R. (2003). *Diagnostik in der gymnasialen Bildung*. Marburg.

- Kretschmann, R. (2004). Diagnostikausbildung - für alle Lehrerinnen und Lehrer. In Mutzeck, W., & P. Jogschies (Hrsg.), *Neue Entwicklung in der Förderdiagnostik Grundlagen und praktische Umsetzung* (S. 123-137). Weinheim: Beltz.
- Krieger, C. (1997). Stoichiometry: A Cognitive Approach to Teaching Stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, S. 306-310.
- Krolak-Schwerdt, S., Böhmer, M., & Gräsel, C. (2009). Verarbeitung von schülerbezogener Information als zielgeleiteter Prozess - Der Lehrer als flexibler Denker. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(3-4), S. 175-186.
- Krumm, B., Zimmerer, E., & Kerner, M. (2008). *Diagnostizieren und Fördern im Chemieunterricht*. Frankfurt/M.: GDCh.
- Leisen, J. (2005). Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? Sprache und Physikunterricht. *Unterricht Physik (UP)*, S. 4-9.
- Leisen, J. (2011). Kompetenzen diagnostizieren und fördern; Anforderungen und Konzeption von Aufgaben zum Diagnostizieren und Fördern. *Unterricht Physik*(123/124), S. 75-81.
- Leisen, J. (2011). [www.leisen.studienseminar.de/uploads2/04\\_sprache\\_im\\_FU-Bili\\_FU/17](http://www.leisen.studienseminar.de/uploads2/04_sprache_im_FU-Bili_FU/17). Abgerufen am 26. 11 2011 von Sprachsensibler Fachunterricht.pdf.
- Lienert, G. R. (1994). *Testaufbau und Testanalyse* (5. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Lin, P.-J. (2006). Conceptualizing Teachers' Understanding of Students' Mathematical Learning by Using Assessment Tasks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, S. 545-580.
- Mahaffy, P. (2006). Moving Chemistry Education into 3D: A Tetrahedral Metaphor for Understanding Chemistry. *Journal of Chemical Education*, S. 49-55.
- Maier, U., Hofmann, F., & Zeitler, S. (2012). Formative Leistungsdiagnostik - Grundlagen und Praxisbeispiele. *Schulmanagement Handbuch 141*, S. 3-104.
- Marais, P., & Jordaan, F. (2000). Are We Taking Symbolic Language for Granted? *Journal of Chemical Education*, S. 1355-1357.
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim: Beltz.
- McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W., . . . Ullrich, M. (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften bei der Einschätzung von Schülerleistungen und Aufgabenschwierigkeiten bei Lernmedien mit instruktionalen Bildern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(3-4), S. 223-235.
- Meloefski, R. (2001). Ermittlung der chemischen Formel aus Massegesetzen und Gasvolumenreaktionen. In H. Barke, B. Duvinage, K. Freytag, R. Meloefski, T. Riecke-Baulecke, E. Thomas, H. Wirbs, K. Freytag, & E. Thomas (Hrsg.), *Handbuch des Chemieunterrichts Sekundarbereich I* (Bd. 3). Köln: Aulis.
- Merzyn, G. (1998). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht (1-3). *Physik in der Schule*.
- Meyer, H. (2004). *Leitfaden Unterrichtsvorbereitung, 4. Auflage*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor GmbH & Co KG.
- Mieskes, H. (19. 07 2013). Interview zum Thema Formelsprache (Transskript). (R. Vettors, Interviewer)

- Ministerium für Schule und Weiterbildung, d. L. (2013). *Lernstandserhebung Deutsch und Mathematik*. Düsseldorf.
- Mischke, K. (2009). *Unterrichtsplanung*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Moehlmann, A. (19. 07 2013). Interview zum Thema Formelsprache (Transskript). (R. Vettters, Interviewer)
- MSW. (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium*. Ritterbach-Verlag.
- MSW. (2011). *Kernlehrplan für Gesamtschulen*. Ritterbach-Verlag.
- MSW. (2011). *Kernlehrplan für Hauptschulen*. Ritterbach-Verlag.
- MSW. (2011). *Kernlehrplan für Realschulen*. Ritterbach-Verlag.
- Musli, S. (2008). *Die chemische Formelsprache im Spannungsfeld von Schülerleistung und Lehrererwartung, Dissertation*. Münster: Schöningh Verlag.
- Myford, C. (1993). Formative Studies of Praxis III: Classroom Performance Assessments--An Overview. *The Praxis Series: Professional Assessments for Beginning Teachers*.
- Naah, B., & Sanger, M. (2012). Student misconceptions in writing balanced equations for dissolving ionic compounds in water. *Chemistry Education research and Practise*, S. 186-194.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why Some Students Don't Learn Chemistry. *Journal of Chemistry Education*, 3, S. 191-196.
- Nauck, J., & Otte, R. (1980). *Diagnostischer Test Deutsch DTD*. Braunschweig: Westermann.
- Nelson, P. (2002). Teaching Chemistry Progressively: From Substances, to Atoms and Molecules, to Electrons and Nuclei. *Chemistry Education: Reserach and Practice in Europe*, S. 215-228.
- Nurrembern, S., & Pickering, M. (6 1987). Concept Learning versus Problem Solving Is There a Difference? *Journal of Chemical Education*, S. 508-510.
- Nyachwaya, J., Abdi-Rizak, M., Roehrig, G.H., Wood, N., Kern, A., & Schneider, J. (2011). The development of an open-ended drawing tool: an alternative diagnostic tool for assessing students' understanding of the particulate nature of matter. *Chemistry Education Research and Practise*, S. 121-132.
- Piaget, J. (1971). Entwicklung des Denkens.
- Pietsch, H., & Theunnissen, U. (2007-2011). [http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/upload/kud/downloads/Duisburger\\_Sprachstandstest.pdf](http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/upload/kud/downloads/Duisburger_Sprachstandstest.pdf). Abgerufen am 30. 12 2011 von <http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de>
- Pietzner, V. (2005). Computergestützte Einführung in die Elektrochemie. In A. Pitton (Hrsg.), *Lehren und Lehren mit neuen Medien* (S. 48-50). Lit.
- Pietzner, V. (2009). Computer im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ergebnisse einer Umfrage. (IPN, Hrsg.) *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(15), S. 47-67.
- Pietzner, V., Vettters, R., & Schwab, T. (15. 1 2010). Interaktiv und experimentell vom Raps zum Biodiesel. *Praxis der Naturwissenschaften / Chemie in der Schule*, S. 30-34.

- Praetorius, A.-K., Greb, K., Lipowsky, F., & Gollwitzer, M. (2010). Lehrkräfte als Diagnostiker - Welche Rolle spielt die Schülerleistung bei der Einschätzung von mathematischen Selbstkonzepten? *Journal for Educational Research Online*, S. 121-144.
- Pschyrembel. (1994). *Klinisches Wörterbuch* (257. Ausg.). Berlin: de Gruyter.
- Reiners, C. R., & Struve, H. (2011). Gleichungen - Didaktische Implikationen aus Sicht des Chemie- und Mathematikunterrichtes. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule*, 3, S. 35-40.
- Reiners, C., & Struve, H. (4 2011). Gleichungen - Didaktische Implikation aus Sicht des Chemie- und Mathematikunterrichtes. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule*, 3, S. 35-41.
- Reusser, K. (1994). Die Rolle von Lehrerinnen und Lehrern neu denken. *BzL* (<http://www.bzl-online.ch>, Zugriff 18.02.2011), S. 19-37.
- Rickey, D., & Stacy, A. (2000). The Role of Metakognition in Learning Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77, S. 915-919.
- Riecke-Baulecke, T. (2001). Der "klassische" Weg - die induktive Herleitung der Formelgleichung in Anlehnung an die historische Entwicklung. In H. Barke, B. Duvinage, Freytag, K., R. Meloefski, T. Riecke-Baulecke, . . . H. Wirbs, T. Freytag, & E. Thomas (Hrsg.), *Handbuch des Chemieunterrichts Sekundarbereich I* (Bd. Band 3). Köln: Alis.
- Riecke-Baulecke, T. (2001). Einführung in die chemische Formelsprache; Allgemeine didaktische Überlegungen; Vier mögliche Wege eine Übersicht. In H. Barke, B. Duvinage, K. Freytag, R. Meloefski, T. Riecke-Baulecke, E. Thomas, H. Wirbs, K. Freytag, & E. Thomas (Hrsg.), *Handbuch des Chemieunterrichts Sekundarbereich I* (Bd. 3). Köln: Aulis.
- Rogalla, M., & Vogt, F. (2008). Förderung adaptiver Lehrkompetenz: eine Interventionsstudie. *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), S. 17-36.
- Rost, J. (1996). *Testtheorie, Testkonstruktion*. Bern: Huber.
- Sanger, M. (2005). Evaluating Students' Conceptual Understanding of Balanced Equations and Stoichiometric Ratios Using a Particulate Drawing. *Journal of Chemical Education*, S. 131-134.
- Sawrey, B. (3 1990). Concept Learning versus Problem Solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, 67, S. 253-254.
- Schmidt, H. (1990). Secondary school students' strategies in stoichiometry. *International Journal of Science Education*, 12, S. 457-471.
- Schmidt, H. (1990). *Stolpersteine im Chemieunterricht*. Frankfurt am Main: Diesterweg Sauerländer.
- Schrader, C., Wolf, E., & Wenck, H. (2003). Gibt es einen verständlichen Text?- eine empirische Untersuchung zum Verstehen chemischer Texte. *Chemkon*, S. 121-126.
- Schrader, F. (2009). Anmerkungen zum Themenschwerpunkt Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(3-4), S. 237-245.
- Schwarz, J. (02. 12 2010).  
<http://www.methodenberatung.uzh.ch/datenanalyse/unterschiede/zentral/friedman.html>.  
Abgerufen am 02. 12 2013
- Scott, F. (2012). Is mathematics to blame? An investigation into high school students' difficulty in performing calculations in chemistry. *Chemistry Education Research and Practise*, S. 330-336.

- Siekmann, A. (2010).  
[http://www.brackwedergymnasium.de/images/stories/gymbrack/bwg\\_ch\\_curriculum\\_7-9.pdf](http://www.brackwedergymnasium.de/images/stories/gymbrack/bwg_ch_curriculum_7-9.pdf). Abgerufen am 01. 08 2013
- Singer, J., & Wu, H.-K. (2003). Students' Understanding of the Particulate Nature of Matter. *School Science and Mathematics*, S. 28-44.
- Spinath, B. (2005). Akkuratheit der Einschätzung von Schülermerkmalen durch Lehrer und das Konstrukt der diagnostischen Kompetenz. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie/German Journal of Educational Psychology*, S. 85-95.
- Stäudel, L., & Wöhrmann, H. (1994). Chemisches Rechnen und Stöchiometrie. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, S. 53-56.
- Strehle, N. (2002). *Die chemische Symbolsprache und deren Einfluss auf Einstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Chemieunterricht, Examensarbeit*. Münster: Grin.
- Studienseminar Minden (NRW). (2010). *Übersicht über die Ausbildung (Gy/Ge)*. Minden.
- Stürmer, K. (2011). *Voraussetzungen f.d. Entwicklung professioneller Unterrichtswahrnehmung im Rahmen universitärer Lehrerausbildung (Dissertation)*. München: TU München .
- Taskin, V., & Bernholt, S. (2012). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. *International Journal of Science Education*, S. 1-29.
- Thomas, E. (1989). Die modellorientierte Einführung der Formelsprache zusammen mit der chemischen Bindung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie/Physik*, 37(45), S. 26-37.
- Thomas, E. (2001). Die modellorientierte Einführung der Formelsprache. In H. Barke, B. Duvinage, K. Freytag, R. Meloefski, T. Riecke-Baulecke, E. Thomas, H. Wirbs, K. Freytag, & E. Thomas (Hrsg.), *Handbuch des Chemieunterrichts Sekundarbereich I* (Bd. 3). Köln: Aulis.
- Ulich, K. (2001). Die LehrerInnen-SchülerInnen-Interaktion. In K. Ulich, *Einführung in die Sozialpsychologie der Schule* (S. 76-115). Weinheim.
- Universität Zürich. (02. 12 2010).  
<http://www.methodenberatung.uzh.ch/datenanalyse/unterschiede/zentral/kruskal.html>.  
 Abgerufen am 21. 09 2014
- Universität Zürich. (02. 12 2010).  
<http://www.methodenberatung.uzh.ch/datenanalyse/unterschiede/zentral/wilcoxon.html>.  
 Abgerufen am 07. 08 2014
- Urhahne, D., & Zhou, J. (2012). Teacher judgement, student motivation, and the mediating effect of attributions. *European journal of Psychological Education*.
- Urhahne, D., Zhou, J., Stobbe, M., Chao, S.-H., Zhu, M., & Shi, J. (2010). Motivationale und affektive Merkmale unterschätzter Schüler. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, S. 275-288.
- Vetters, R., & Pietzner, V. (2005). Strom nicht nur aus der Steckdose. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 90, S. 20-23.
- Wellington, J. (1983). A Taxonomy of Scientific Words. *School Science Review*, S. 767-773.
- Winter, S. (2009). *Einstellungen und Diagnosefähigkeit von Lehrkräften der Biologie im Bereich des systematischen Denkens*. Diplomarbeit, Wien.

- Wirbs, H. (2002). *Modellvorstellungen und Formelverständnis im Chemieunterricht, Dissertation*. Münster: Schöningh Verlag.
- Wutke. (2008). [www.uni-saarland.de/uploads/media/testgütekriterien.ppt](http://www.uni-saarland.de/uploads/media/testgütekriterien.ppt). Abgerufen am 10. 12 2014
- Yarroch, W. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, S. 449-459.
- Yitbarek, S. (2011). Chemical Reaction: Diagnosis and Towards Remedy of Misconceptions. *African Journal of Chemical Education*, S. 10-28.
- Zaus-Wildtbret, F. (21. 03 2013). Interview zur Studie "Formelsprache" (Transskript). (R. Vettors, Interviewer)
- Zoller, U., Lubezky, A., Nakhleh, M., & Tessier, B. (1995). Success on Algorithmic and LOCS vs. Conceptual Chemistry Exam Questions. *Journal of Chemical Education*, S. 987-989.

## DANKE

Als erstes möchte ich mich für das Überlassen des spannenden und auch sehr aktuellen Themas sowie für die Diskussionen und ihre Unterstützung bei Frau Professor Dr. Pietzner bedanken. Ihre Anregungen waren Ansporn, mich immer wieder neben meinem alltäglichen Berufsalltag mit didaktischen Fragen auseinanderzusetzen. Frau Professor Dr. Höner gebührt der Dank für die Übernahme des Koreferats.

Weiterhin gebührt ein großer Dank Herrn Uwe Wäckers vom Verband der Chemischen Industrie Nordrhein-Westfalen, denn mit seiner Hilfe konnten fast alle Lehrkräfte des Landes NRW den Fragebogen zu ersten Studie erhalten. Hier danke ich allen anonymen Antwortgebern.

Frau Anne Möhlmann, Frau Friedelinde Zaus-Wildbrecht und Herrn Dr. Hans Mieskes sowie den Schülerinnen und Schülern von SCH 1 und SCH 2 übermittle ich ebenfalls meinen großen Dank. Ohne ihre Unterstützung hätte die Feldstudie 2 nicht stattfinden können.

Meinen Kolleginnen und Kollegen im Institut für Biologie und Chemie der Universität Hildesheim sowie am Institut für Chemie der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg, allen voran Frau Mareike Bolten sei für die fruchtbaren Diskussionen und auch technischen Unterstützungen gedankt.

Meinen aktuellen und ehemaligen Kolleginnen und Kollegen an der Bertolt-Brecht-Gesamtschule, Frau Birgit Degener, Frau Birgit Rodenbäck, Frau Regina Franzmeier-Bergner, Herrn Volker Hegemann und Herrn Dr. Joachim Weiffen, sei für ihre Geduld gedankt, meinen Ideen zu folgen, sie auch kritisch zu betrachten und zu hinterfragen. Frau Sabine Kraus sei für Ihre sprachliche Korrektur gedankt.

Danke auch an alle meine Schülerinnen und Schüler, die ich bisher unterrichten durfte. Sie haben mich auf erst das Problem gebracht.

Meinen Eltern einen sehr großen Dank – ohne deren Erziehung ich meine wissenschaftliche Neugier nicht hätte und meinem Bruder Friedemann Veters, der mit mathematischen Tipps mich die Statistik leichter verstehen hat lassen.

**Abschließend den größten Dank** an meine Lebenspartnerin Alexandra. Sie hat mit ihrer Geduld und mir „den Rücken freihalten“ sowie durch ihre hervorragende Eigenschaft, Probleme gründlich zu hinterfragen und „nichts als einfach“ zu nehmen – zum Entstehen dieser Arbeit entscheidend beigetragen.

Meinen Söhnen Carsten und Hendrik danke ich dafür, dass ich mich viele Stunden vor den Computer setzen konnte, ohne gestört zu werden – Carsten auch für so manches „englische Wort“.

## Werdegang

Name Veters  
Vorname Reinhard



Geburtsdatum und -ort 06.05.1971, Bremen

### **Ausbildung / Studium / Referendariat / Dissertation**

1990 Abitur

1991-1998 Studium Chemie, Physik, Erziehungswissenschaften, Universität Bremen (D)

1999-2001 Referendariat, Flensburg (Studienseminar), Schleswig-Holstein (D), Gastaufenthalt im Rahmen des EU-Projektes Interreg III in Tondern (DK)

2009-2010 Qualifikationskurs im Bereich Schulleitung (SLQ), Bezirksregierung Detmold (D)

2010-2015 Dissertation im Bereich „Didaktik der Chemie/Allgemeine Chemie“, Universität Hildesheim (D) und Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (D)

## **Anhang I**

### **Studie 1:**

I.1 Fragebogen	182
I.2 Übersicht über alle möglichen Unterrichtsreihen (Frage 11)	186

## **Anhang II**

### **Studie 2:**

II.1 Diagnosetest	215
II.2 Leistungstest PRAE POST FUP	222
II.3 Leitfragen Lehrerinterview	225

## **Anhang I:**

### **Studie 1**

I.1 Fragebogen	182
I.2 Übersicht über die möglichen Unterrichtsreihen (Frage 11)	186

## Fragebogen

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,  
dieser Bogen wird maschinell ausgewertet. Markieren Sie eine Antwort bitte in der folgenden Weise: ○ ⊗ ○ .  
Wenn Sie eine Antwort korrigieren möchten, füllen Sie bitte den falsch markierten Kreis und noch etwas darüber hinaus aus,  
ungefähr so: ○ ● ⊗ .

Ziffern sollen ungefähr so aussehen: 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 ; Korrekturen so:

	sehr gut	gut	durchschnittlich	eher weniger	gar nicht
Frage 1: Ist Ihnen die gegenwärtige Diskussion in der Didaktik über Diagnostik von Lernvoraussetzungen und Lernschwierigkeiten zum Thema Formelsprache bekannt? Wenn Ihnen nichts bekannt ist, dann weiter mit Frage 4.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	sehr oft				gar nicht
Frage 2: Setzen Sie Diagnoseverfahren bewusst im Unterricht ein?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Frage 3: Welche Diagnoseverfahren setzen Sie im Unterricht ein? (Mehrfachantworten möglich.)	<input type="checkbox"/> Selbstdiagnostosetests <input type="checkbox"/> Befragungen <input type="checkbox"/> Andere		<input type="checkbox"/> Psychologisch-fachdidaktische Tests <input type="checkbox"/> Beobachtungen		
	sehr gut	gut	durchschnittlich	eher weniger	gar nicht
Frage 4a: Wie genau wissen Sie über die Fähigkeit Ihrer Schülerinnen und Schüler Bescheid, abstrakte Inhalte verstehen und anwenden zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Frage 4b: Wie haben Sie das Wissen erlangt?					
	sehr gut	gut	durchschnittlich	eher weniger	gar nicht
Frage 5a: Wie gut wissen Sie über die mathematischen Fähigkeiten Ihrer Schülerinnen und Schüler Bescheid?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Frage 5b: Wie haben Sie das Wissen über die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erhalten?					
	sehr gut	gut	durchschnittlich	eher weniger	gar nicht
Frage 6a: Wie gut wissen Sie über die (alltags)sprachlichen Fähigkeiten Ihrer Schülerinnen und Schüler Bescheid?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Frage 6b: Wie haben Sie das Wissen über die (alltags)sprachliche Kompetenzen erlangt?

Frage 7: Woran erkennen Sie in Ihren Lerngruppen die Lernvoraussetzungen für ihren zu planenden Unterricht zum Thema Formelsprache?

Frage 8: Wie untersuchen Sie im Rahmen der Unterrichtsvorbereitung zum Thema Formelsprache die Lernvoraussetzungen der Lerngruppe?

Frage 9:  
In welcher Hinsicht passen Sie den Unterricht zum Thema Formelsprache an, wenn Sie feststellen, dass er nicht zu den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler passt?

Frage 10: Woran erkennen Sie, dass Sie die Lernenden im Unterricht nicht mehr erreichen (also unter- oder überfordern)?
Frage 11: Skizzieren Sie bitte kurz eine für Sie typische Unterrichtsreihe (incl. Angabe des Stundenumfangs), um in die Formelsprache einzuführen.
Frage 12: Welche Hilfsmittel zur Veranschaulichung verwenden Sie?
Frage 13: Welche typischen „Fehlvorstellungen“ von Schülerinnen und Schülern im Inhaltsbereich Formelsprache sind Ihnen bekannt?

Frage 14: Benennen Sie beispielhaft typische Strategiefehler oder andere Lernschwierigkeiten bei Lernenden im Bereich Formelsprache aus ihrer Unterrichtspraxis.			
<b>Statistische Daten</b>			
Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:	<input type="radio"/> weiblich	<input type="radio"/> männlich	
Bitte geben Sie Ihr Alter an:	<input type="radio"/> 25-29 <input type="radio"/> 45-49	<input type="radio"/> 30-34 <input type="radio"/> 50-54	<input type="radio"/> 35-39 <input type="radio"/> 55-59 <input type="radio"/> 40-44 <input type="radio"/> 60-65
Welche Fächer haben Sie studiert oder nachqualifiziert?			
	sehr gerne		ungeme
Wie gerne unterrichten Sie das Fach Chemie?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Welchen Amtstitel führen Sie?			
<input type="radio"/> Referendar / in		<input type="radio"/> Lehrer /in (SI)	
<input type="radio"/> Studienrat /rätin		<input type="radio"/> Oberstudienrat /rätin	
<input type="radio"/> Studiendirektor /direktorin		<input type="radio"/> Lehrer im Angestelltenverhältnis	
<input type="radio"/> Sonstiges			
Welchen Hochschulabschluss haben Sie im Fach Chemie? (Mehrfachantworten möglich.)	<input type="checkbox"/> Lehramt an Haupt- und Realschulen , Gesamtschulen SI	<input type="checkbox"/> Lehramt an Gesamtschulen und Gymnasien	
	<input type="checkbox"/> Seiteneinsteiger	<input type="checkbox"/> Fachfremd (ohne Studium)	
	<input type="checkbox"/> Diplom	<input type="checkbox"/> Promotion	
In welcher Schulform unterrichten Sie?	<input type="radio"/> Hauptschule <input type="radio"/> Gesamtschule <input type="radio"/> Sonstiges	<input type="radio"/> Realschule <input type="radio"/> Gymnasium	

Fragebogen Frage 11

Skizzieren Sie bitte kurz eine für Sie typische Unterrichtsreihe (incl. Angabe des Stundenumfangs), um in die Formelsprache einzuführen.

Nr.	Unterrichtsreihe und Kommentar (Gymnasium)	Einordnung des didaktischen Ansatzes (vgl. Kapitel 1 und 6) und Kommentar	Lehrer(In) (L) Diplom (D) Fachfremd (F)
1	Beschäftigung mit Mineralwasser (3) Systematisierung der Erkenntnisse (Leitfähigkeit, gelöste Salze, daraus sich ableitende Fragestellungen 6) Ionenbildung (4) Atombau (Streuversuch) (2) Ionenbindung Einführung des PSE anhand der Ionenbildung (4) Elektrolyse (4) Aufstellen von Reaktionsgleichungen (6) - im Prinzip benötigt man ein ganzes Halbjahr, um die Prinzipien auf dem Niveau der Schüler zu erarbeiten und zu vertiefen, leider ist der Kernlehrplan des Landes NRW derart überfrachtet, dass vor allem für die Vertiefung fast keine Zeit bleibt	Modellorientierung, ausgehend von einem Alltagsbeispiel, nicht stringent dem Kernlehrplan folgend, aber eine logische Kette ersichtlich	L
2	Nach Einführung des Atommodells (für die SuS erscheint der Zugang über die Brücke, dass die Symbole Abkürzungen für die Atomnamen sind, zunächst sinnvoll). Hier wird Neugier geweckt "Geheimcode der Chemiker". Zunächst wird ausgehend von einem Experiment (u. a.: Gesetz der Erhaltung der Masse wird wiederholt) die Zusammensetzung des Produktes spekuliert. Dabei wird eine den Schülern bekannte Reaktion gewählt (z. B. Fe + S). Das Atomanzahlverhältnis wird eingeführt und dies als Transfer auf andere Reaktionen übertragen. Immer ausgehend von konkreten Beobachtungen der SuS wird dann die Benutzung der Formelsprache eingeübt. Zeit: 4-6 Doppelstunden	Klassische Herangehensweise, wird allerdings nicht deutlich, ob hier mit vorgegebenen Atommassen gearbeitet wird	L

3	Atombau PSE (geschichtl. Entwicklung) Zusammenhänge u Gemeinsamkeiten im PSE Erste Verbindungen Formelsprache ( einf. Verbindungen)	Klassische Herangehensweise	L
4	<p>Vorab: die Formelsprache wird nicht in einer zusammenhängenden Reihe Vermittelt, sondern findet Spiralcurriculativ immer wieder Eingang in den Unterricht. Klasse 7:(ca10 Doppelstunden)- eingebettet in den Kontext von Verbrennungen - Daltonsches Atommodell und Abkürzungen für Elemente - Verbindungen sind aus Elementen zusammengesetzt - Welche Zeichen gibt es dafür? -&gt; Zusammensetzung der kleinsten Teilchen als zusammengehörige Teilchenverbände -&gt; einführen von Indizes und Faktoren mit Vorgabe der Produkte bzw. Ableitung aus dem Namen (Kohlenstoff - di - oxid, Di-Wasserstoff-Oxid) - Gesetz der Erhaltung der Masse, konstanten Proportionen etc. - Welcher Stoff verbindet sich wie mit einem anderen? -&gt; Formeln selber aufstellen mithilfe der Wertigkeit Klasse 8: Reihe 1: Quantitative Betrachtungen (ca. 7 DS) - Wiederholungen von Wertigkeit und Aufstellen von Reaktionsgleichungen - Über Avogadro zur Molekülmasse in u - Über Massen und Molekülmassen in Verhältnisgleichungen Formeln bestimmen Reihe 2: Metalle, Salze, Nichtmetalle - Aufbau und Eigenschaften (Anteilig ca. 4 DS) -&gt; Übertragung der Wertigkeit auf die Ionenladung und Abgrenzung von Molekülbegriff -&gt; Ausschärfung der "Aggregate" in Salzen oder Metallverbindungen und der finiten Teilchen in Molekülen Klasse 9: Wiederholung der quantitativen Betrachtungen im Kapitel Säuren und Basen (ca. 3DS)</p>	Spiralcurricular d.h. kleinere Sequenzen, die zwischen andere Inhalte geschoben werden, folgt aber dem klassischen Ansatz unter vorherigem Einschub des daltonschen Atommodells	L (Dr. )
5	- Gravimetrische Bestimmung von S in CuS (Konst. Proportionen) - Einführung Atommodell - PSE - Oktettregel - Bindungsverhältnisse an Hand der Oktettregel - Ionenbildung (Verhältnisformel Metall/Nichtmetall) - Molekülbildung (Nichtmetalle)	Klassische Herangehensweise	L

6	Wiederholung der Elementsymbole Versuche zur Messung von Edukten und Produkten Atombau Ionen/ Ionengitter Übungen zum Aufstellen von Formeln ca 10 Stunden	Mischung aus Modell- und Strukturorientierung	L (Dr.)
7	Gemäß dem "neuen" Kernlehrplan gibt es nur noch kontextorientierte Reihen, also keine typische Reihe zur Einführung in die Formelsprache! Also behandle ich das Thema immer wieder mal, achte insbesondere auf Fachsprachengebrauch und die selbstverständliche Verwendung von Formelsprache parallel zur gesprochenen Sprache in allen Reihen.	-	L
8	Wasser als Lösemittel, Elektrolyse von Wasser, qualitative Analyse der Gase, quantitative Analyse der Gase, Synthese von Wasser aus den Gasen unter Berücksichtigung der Mischungsverhältnisse, Summenformel von Wasser (3 Std., Jg. 7) oder Analyse von Silberoxid , quantitativ (3 Std., Jg. 8)	Klassische Herangehensweise, besondere Berücksichtigung der Gasgesetze	L
9	Schwierige Frage... da ich die Formelsprache nicht in einer zusammenhängenden Reihe einführe. a) Da das Erlernen der Formelsprache ein langsamer Prozess ist, führe ich als erstes die Metalle und deren Abkürzungen ein. b) Später kommen Wortschemata zu Reaktionen hinzu. c) Bei den Gasen kommen kleine Moleküleinheiten hinzu. Hier kann man leicht die ersten sehr einfachen Reaktionsgleichungen erklären (Ozon-Herstellung etc.) d) Bei der Salzen lasse ich erst die Salznomenklatur üben und die Zerlegung in Ionen. e) Irgendwann kommen die Redoxreaktionen.... mit vielen Übungen.	Spiralcurricular, eher dem Deduktiven Unterrichtsweg zuzuordnen	D (Dr.)
10	die existiert nicht- vgl. Kernlehrplan NRW; die angesprochenen Inhalte werden über drei Jahre vermittelt und erweitert.	-	L (Dr.)
11	1 - 2 Std. Alchemie, Zauberbücher, Geschichte der chemischen Symbolik. 1 Std. Was bedeuten Formeln, wie muss man sie lesen.	Kein er der klassischen Wege, eher der sehr qualitativ dem deduktiven Weg zu zu ordnen	L

	Wo steckt der Teilchenbegriff drin. 1 Std. PSE, Entdeckung, Nachschlagewert (Anfang) 1 Std. Reaktionsgleichungen in Formelsprache mit Legosteinen (Einführung mit Sofies Welt). 2-3 Std. Beispielreaktionen, wenn möglich SV, in Formelschreibweise. - Stöchiometrie.		
12	im Anfangsunterricht (vor der Unterrichtseinheit Formelsprache) nenne ich schon viel Formeln (z.B.) H <sub>2</sub> O, so dass die Schüler mit solchen Formeln schon vertraut sind. Ca. 4-6 Stunden 1. Einstieg: PS. was kann man sehen? 2. Üben der einzelnen Stoffe (z.B. was ist das Zeichen von Silber?) 3. was bedeutet das auf Modellebene: was sind Atome, Moleküle? (Molekülbaukasten) 4. Was sind Kofaktoren, Indices? 5. Gruppenpuzzle/stationslernen Reaktionsgleichungen 6. Übungen Reaktionsgleichungen	Modellorientiertes Vorgehen, leicht modifiziert, da im Anfangsunterricht schon „Formeln“ verwendet werden – auch hier „spiralcurricular“	D
13	Chemische Reaktionen quantitativ auswerten - Elementsymbole - Teilchenschreibweise - Formelschreibweise - Aufstellen von Reaktionsgleichungen (ca. 6 Stunden)	Klassische Vorgehensweise	L
14	1. Std: Elementsymbole - nicht nur Abkürzungen 2. Std: Formeln einfacher Verbindungen (mit Experimenten) 3. Std: Die Masse von Atomen und das Gesetz der Erhaltung der Masse (als Wdh.) 4. Std.: von den Massenverhältnissen zur Formel 5. Std.: Übungen zur Ermittlung von Formeln 6. Std.: Wiederholung und Festigung 7. Std. Test	Klassische Vorgehensweise	L
15	- Einführung von Avogadro, darüber Ermittlung der Formeln für verschiedene Gase - Einführung des Mols - Verbrennung von Magnesium, vorher / nachher wiegen und verbrauchtes Gasvolumen messen 6-8 Stunden	Klassische Vorgehensweise	D (Dr.)
16	Der Formelbegriff wird kontinuierlich erweitert, eine eigene Unterrichtsreihe dazu habe ich bislang nicht entwickelt. 1. Alchemistische Zeichen -> Notwendigkeit einer einheitlichen	Klassische Vorgehensweise zuzüglich des Bohrschen Atommodells und weiterführenden Reaktionen	L

	<p>Symbolschreibweise. 2. Nach der Einführung der molaren Massen experimentelle Ermittlung von Verhältnisformeln von Salzen 3. Nach der Einführung des Bohrschen Atommodells und Oktettregel Verhältnisformeln von Molekülen. 4. Aufstellen und Ausgleichen von Reaktionsgleichungen z. B. bei Dissoziationen von Salzen, Neutralisationsreaktionen, Redox-Reaktionen.</p>		
17	<p>Gesetz von der Erhaltung der Masse Bildung und Zerlegung einer Verbindung Chemische Reaktion als Teilchenumgruppierung oder Atomumgruppierung Erhaltungskonzept contra Vernichtungskonzept 3 h Später Gesetz der konstanten Massenverhältnisse Vom Massenverhältnis zum Anzahlverhältnis Einführung der Verhältnisformel Vorstellen der Molekülformel Vom Reaktionsschema zur Reaktionsgleichung 5 h</p>	<p>Klassische Vorgehensweise mit Erhaltungs-, Vernichtungskonzept</p>	L
18	<p>Verhältnisformeln (Jgst. 8): - Teil der Reihe Metalle und Metallgewinnung: Gesetz der konstanten Proportionen - Vertiefung bei der ionischen Bindung/ Salzbildung zusammen 4 Std. (mit Übungen) nur für die Formelsprache.</p> <p>Summen-, Struktur- und Valenzstrichformeln (Jgst. 9): - Teil der Reihe "Chemische Bindung", Kapitel "Elektronenpaarbindung" - Molekülbildung bei Reaktion zweier Nichtmetalle - Anwendung der Edelgasregel - bindende- und freie Elektronenpaare - Räumliche Anordnung im Molekül zusammen 3 Std. (mit Übungen) nur für die Formelsprache</p>	<p>Spiralcurricular, Klassische Vorgehensweise</p>	D (Dr.)
19	<p>1. Einführung der Atommasse und des Begriffs "mol" (4-6 Ustd.) 2. Schülerexperimente "Synthese von Kupfersulfid"- quantitativ. 3. Ermittlung des Anzahlverhältnisses</p>	<p>Klassische Vorgehensweise</p>	L
20	<p>Ich mache das in Stufen. In der 7 tauchen die ersten Formeln wie H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub> auf, die verwende ich dann einfach. Wenn wir über Dalton sprechen, verwende ich Symbole für die Atome und</p>	<p>Spiralcurricular, Mischung zwischen klassisch und Modellorientierung</p>	L

	Formeln für Verbindungen. Später leite ich Formeln über die Atommassen her (nicht mehr so ausführlich wie früher), unterscheide zwischen Molekül und Teilchenverband und übe Formelgleichungen.		
21	projektiert: Grundgesetze ca. 4 Doppelstunden Atombau: Kern-Hülle-Modell inkl. Rutherford 3 DoSt. Bau der Elektronenhülle ca. 3 DoSt. Umsetzung auf die Beispiele der Grundgesetze ca. 2 DoSt.	Mischung zwischen klassisch und Modellorientierung	D
22	projektiert: Grundgesetze ca. 4 Doppelstunden Atombau: Kern-Hülle-Modell inkl. Rutherford 3 DoSt. Bau der Elektronenhülle ca. 3 DoSt. Umsetzung auf die Beispiele der Grundgesetze ca. 2 DoSt.	Mischung zwischen klassisch und Modellorientierung	D
23	Experimentell: Synthese von Wasser mit dem Eudiometerrohr, Einführung Satz von Avogadro, Nachbildung des Reaktionsgeschehens mit Hilfe von Baukästen, die die Zahl der möglichen Bindungen durch die Kalottenform vorgibt. Zeichnung der gebauten Modelle. Übersetzung mit Hilfe der Atomsymbole, Übertragung auf weitere Reaktionen, bei denen Gase entstehen oder verbraucht werden Verallgemeinerung auf alle Systeme Unterrichtsumfang sehr schlecht abzuschätzen, hängt sehr von der Zahl der Experimente, dem Übungsbedarf der Schüler ab, ca. 15 Stunden	Klassisch, vermischt mit Modellorientierung	D (Dr.)
24	Atombau führt zum Elementsymbol. Elektrolyse liefert die Ionen. Über die Ionisierungsenergie erhält man die stabilen Ionen (Edelgasregel). Durch Ladungsausgleich kommt man zur Verhältnisformel. (ca. 8 Stunden incl. Übungen)	Modellorientierung	L
25	s. Buch Tausch und Wachtendonk	-	L
26	1.Std: Üben von Stoffformeln mit Betonung von Indices und deren Bedeutung ; 2.+3. Std.: Aufstellen einfacher Reaktionsschemata mit Erarbeitung von Koeffizienten, Darstellung der Verhältnisse auf Teilchenebene 4.+5.Std.: Übungen an komplexeren Beispielen	Mischung zwischen Deduktivem und modellorientiertem Ansatz, stark reduziert	L

	mit Skizzierung der Teilchenverbände , Experimente dazu mit Theoriebezug		
27	-> Wiederholen des Teilchenbegriffs (Atome und Moleküle) -> Aufgreifen der bekannten Stellvertreter (Formelzeichen)[mache ich von Beginn an immer begleitend zur ausgeschriebenen form - den Kindern sind die gängigen Formeln ohnehin geläufig] -> Klärung der Bedeutung der Indizes (Atome als Teilchen im Teilchen)an bekannten Beispielen (H2O, CO2) -> Übungen einschließlich der Übungen verwende ich darauf zwei bis drei Unterrichtsstunden -> häufiges Aufgreifen beim Aufstellen von Reaktionsgleichungen	Deduktives Vorgehen, stark reduziert	L
28	Umfang ca. 5 UStd. Notwendigkeit eine "Sprache" für chemische Vorgänge auch auf internationaler Ebene (Vergleich mit z.B. Morsealphabet, Notensprache in der Musik) daher Symbole ("Abkürzungen" nötig), einfache Schülerversuche (CuO + Mg ---> MgO + Cu); chemische Reaktion als "Umsortieren" vorhandener Atome verdeutlichen (z.B. mit Legosteinen visualisieren); weitere chemische Reaktionen als Übungsbeispiele behandeln, wobei die Komplexität zunimmt (dabei immer noch das "Umsortieren" mit Legosteinen durch SuS durchführen lassen); Bedingungen für ideale Reaktionen (bzgl. der benötigten Massen) erarbeiten und als Schülerversuch durchführen lassen. Weitere Beispiele (Erstellen der korrekten Reaktionsgleichung und Berechnen der nötigen Massenverhältnisse) üben und am Ende der Reihe schriftlich überprüfen.	Modellorientierung	L
29	Atommodelle - aus Atomen werden Ionen - Abstraktion vom Schalenmodell zur Formelsprache - über die Ionen zu Ionenverbindungen - dann auch Formelsprache bei Molekülen das funktioniert sehr gut	Reduzierte Modellorientierung	L

30	<p>In Klasse 7 beim Thema "Wasser und Luft" werden der Begriff "Molekül" und die Formeln H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> eingeführt. Ausgehend von der Wortgleichung am Beispiel Kupferoxid + Eisen --&gt; Kupfer + Eisenoxid Entwicklung der Reaktionsgleichung mit Formeln (Einführung der Begriffe Verhältnisformel, Elementargruppe) Üben von Beispielen anhand des Buches (Elemente Klett), weitere Beispiele</p>	Mischung zwischen Deduktion und Modellorientierung	L
31	<p>Wiederholungsreihe Klasse 9 nach Cu<sub>2</sub>S-Versuch in 8 Reaktion von Lithium und Wasser (Schülerübung) mit bekannter Lithiummasse und aufgefangenem Wasserstoffvolumen. Graphische Auswertung ergibt einen linearen Zusammenhang: "Je mehr Lithium desto mehr Wasserstoff" Für Lithiummasse und Wasserstoffvolumen werden die Stoffmengen berechnet. Das Teilchenzahlverhältnis ist ca. 2 : 1 Aus dem Wortschema wird das stöchiometrisch unausgeglichene Formelschema abgeleitet. Die Molekülformeln von Wasser und Wasserstoff werden über die Oktettregel erarbeitet. Die Regel "Alle Eduktelemente müssen auch in den Produkten vorkommen" wird auf "Alle Eduktatome müssen auch in den Produkten vorkommen" erweitert. Zuordnung der stöchiometrischen Faktoren mit dem Ergebnis Li : H<sub>2</sub> = 2 : 1 3 Doppelstunden</p>	Klassisch anhand eines Beispiels, spiralcurricular	L
32	<p>Übungen in Worten, PSE dazu mit Abkürzungen, Abkürzungen sinnvoll verwenden, Gleichungen aufstellen, Übung</p>	Klassisch, stark reduziert (ohne Massengesetze)	L (Dr.)
33	<p>Ich führe die Formelsprache nicht in einer (1) Unterrichtsreihe ein, sondern verteile in möglichst homöopathischen Dosen: Klasse 7, 1. Halbjahr: Einführung eines einfachen Kugelteilchen-Modells (diskontinuierliche Vorstellung von Materie) und Nutzung dieses Modells zur Erklärung von - Diffusion - Lösen/Kristallisieren - Aggregatzustände und ihre Übergänge 3 - 4 Unterrichtsstunden Klasse 7, 2. Halbjahr: nach Einführung der chemischen Reaktion als Stoffart-Umwandlung, die rückgängig gemacht werden kann:</p>	Spiralcurricular, klassische Vorgehensweise	L

<p>Was passiert dabei mit den Teilchen? Zunächst nur mit einfachem Kugelteilchenmodell Neugruppierung; hier stellen Schüler gelegentlich schon die Frage nach den Zahlenverhältnissen und diskutieren evtl. verschiedene Möglichkeiten. ca. 1 - 2 Unterrichtsstunden Wichtig ist hier die Unterscheidung von Mischungs-Vorgängen und chemischen Reaktionen (mit/ohne Änderung der Stoffeigenschaften). Ende Klasse 7 / Anfang Klasse 8: Verfeinerung des Kugelteilchenmodells zum Daltonschen Modell (ohne unnötigen Schnickschnack, aber mit relativen Atommassen / atomare Massen-Einheit 1u) und Anwendung auf chemische Reaktionen (Bildung von Sulfiden, Oxiden, Redoxreaktionen) - erste Verhältnisformeln werden als "Formeln" vorgestellt, z.B. für Eisen-II-oxid, Eisen-III-oxid und andere den Schülern bekannte Stoffe. Verschiedene Zahlenverhältnisse - verschiedene Stoffeigenschaften! (maximal ca. 1 Unterrichtsstunde - i.d. R. keine Schwierigkeiten!) 8. Klasse - möglichst später Zeitpunkt wegen der intellektuellen Reifung/Reifung des abstrakten Denkvermögens Unterrichtsreihe ca. 8-10 UStd.): "Wie kommen die Chemiker an die Formeln?" - oder "Wie viel von dem einen Stoff reagiert ohne Rest mit dem anderen"? (Einführung der Stoffmenge/molarer Größen muss als Voraussetzung zuvor erledigt sein! Konkrete Beispiele/Schüler-Übungen dazu - z.B. 1 mol verschiedener Stoffe abmessen ...!) Dann: Experimentelle Ermittlung von Massenverhältnissen an mindestens zwei Beispielen; Berechnung der Verhältnis-Formeln an diesen Beispielen; weitere Übungsbeispiele. Modelle: Massen-/Anzahl-Verhältnisse von Muttern/Schrauben und Ähnliches. Erfahrungsgemäß haben die Schüler Schwierigkeiten, auf der atomaren Ebene zu denken. Die Bedeutung der Formel sehen die Schüler leicht ein, die Ermittlung weniger; schwache Schüler neigen dazu, einen Algorithmus abzuarbeiten. In Stufe 9 wird erweitert zu Summenformeln (Molekül-Begriff!) und Strukturformeln. Außerdem: Korrelation zwischen Stellung eines</p>		
--	--	--

	Elementes im Periodensystem und möglichen Verhältnis-/Summenformeln. (Hier wird es komplex, weil die Bindungs-Arten ins Spiel kommen!)		
34	integriert in den normalen Unterricht, angeknüpft an die Lerninhalte mit alltagsbezogenen Kontexten und stetem Übungen	-	L
35	vgl "Modellorientierter Unterrichtsgang" nach E. Thomas	-	L
36	Kennenlernen der Eigenschaften der Elemente des Periodensystems durch Versuche (9 Doppelstunden) Ordnen der Elemente nach ihren Eigenschaften in Gruppen (4 Doppelstunden) Anfertigung eines eigenen Periodensystems unter Verwendung der Elementsymbole (6 Doppelstunden) Gase, Gasgesetze ermittelt durch Versuche, Unterschied Edelgase durch Berechnung der molaren Massen aus Versuchen (6 Doppelstunden) Atombindung in Gasen (Doppelstunde)	Klassisches Vorgehen, mit eigenen Ideen der Modellorientierung	L
37	der Stundenumfang variiert stark, da ich mich an das Tempo der jeweiligen Klasse anpasse. Da u.a. dieses Thema die Grundlage für die Oberstufenchemie bildet, behandle ich diese Inhalte sehr ausführlich mit vielen Übungssequenzen. Das Thema habe ich erst zwei Mal unterrichtet und habe daher noch keine typische Unterrichtsreihe in das Einführen in die Formelsprache. Bisher bin ich über den Begriff "Mol" eingestiegen. Abwiegen von Gummibärchen, Einführung von "N" und "m". Dann Synthese von Kupfersulfid und Eisensulfid, um ins Massenverhältnis einzuführen. Anschließend vom Massenverhältnis zur Verhältnisformel. Und dann ist man bei der Formelsprache angelangt.	Klassisch	L
38	Periodensystem (Aufbau, Abkürzungen, etc.) Avogadro Elementfamilien Ionenbildung in Salzen Aufstellen von Formeln Zeitaufwand ca. 10 U-Stunden (45 Minuten)	Klassisch	L

39	ich habe keine explizite Unterrichtsreihe die Formelsprache wird in vielen Bereichen immer wieder zunächst eingeführt und dann erweitert und vertieft. - Atomaufbau -> Einführung der Symbole - Ionenbildung und -bindung -> Verhältnisformeln und Reaktionsgleichungen - Atombindung -> Molekülformeln und etwas Reaktionsgleichungen - Elektrochemie -> Redoxreaktionen mit Reaktionsgleichungen - Säure- Base-Reaktionen -> weitere Vertiefung	Spiralcurricular, Modellorientierung	L
40	-ausgehend von ausformulierten Reaktionsschemata, die Sinnhaftigkeit von verkürzten Schreibweisen aufzeigen- -übersicht historischer Abkürzungen auswerten, klassifizieren lassen (1 Std.) -ableitung von deutschen Namen aus den lateinischen begriffen (1 Std.) -exemplarische Übersetzung einfacher Gleichungen in Formeln -weitere Vertiefung und Anwendung über Atommassen und Gesetze über konstante und multiple Massenverhältnisse (8 Std.)	Klassisch	L
41	Wh. Wortschema aus Kl.7,8 / Wh. Teilchenmodell Kl.7 / Wh. bildliche Darst. der Teilchen (Reinstoffe als Elemente, Verbindungen), Wh. Atombegriff / Erfahrungswelt der Schüler H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> etc. [1 Doppelstd.] U-Reihe zu 2-3 Elementfamilien [5 Doppelstd.] Zus.-hang chem. Verhalten - PSE [1 Doppelstd.] U-Reihe zum Atombau/PSE [3 Doppelstd.] Ionenlehre und Formel [2 Doppelstd.] Anwendung bei Redox-Rkt. [3 Doppelstd.]	Modellorientierung	L
42	Demo von Wasser und Wasserstoffperoxid mit Braunstein, beides Wasserstoffoxid, aber unterschiedliches Verhalten Elementsymbole und Formeln kennen lernen Formeln vorhersagen mit dem PSE Unterscheidung von Molekülformeln und Verhältnisformeln...	Reduzierte Modellorientierung	L
43	1. Notwendigkeit der Formelsprache durch Präsentation chem. Abhandlungen in verschiedenen Schriftsprachen (arabisch,	Modellorientierung	L

	chinesisch, thai) 2. Lesen der Formelsprache: Überprüfung durch Basteln der Moleküle unter Berücksichtigung der stöchiometrischen Koeffizienten 3. Schreiben der Formeln - Aufstellen eines Reaktionsschemas (Wortschema) - Darstellung der Aggregatzustände der Edukte/ Produkte modellhaft nach Dalton - farbige Kennzeichnung der kleinsten wieder- kehrenden Einheit (Baugruppe) - Darstellung der Baugruppe in der Formelsprache - Berücksichtigung der Teilchengleichheit auf Edukt- und Produktseite Steigerung des Schwierigkeitsgrades durch komplexere Reaktionen: a)Eisen/Schwefel b)Natrium/ Schwefel c)Eisen/Sauerstoff dann Übungsaufgaben 4-6 Doppelstunden		
44	Ich habe keine eigene U-Reihe zur Einführung der Formelsprache. Die Symbole lernen die SuS bei der Erarbeitung des PSE. Dann führe ich über die Elektronegativitäten der Bindungstypen ein und bespreche im Rahmen dessen die Zusammensetzung der chemischen Formeln. So muss man nicht alles komplett im Block einführen und kann zwischendurch auch mal experimentieren.	Spiralcurricular, modellorientiert-deduktiv	D (Dr.)
45	Vorkommen und Eigenschaften der Metalle (2) Gewinnung von Metallen durch Reduktion (4) Konstante Massenverhältnisse (2) Einführung der Formelschreibweise (1)	Klassisch	L
46	- Daltonsche Atomtheorie - Modellversuch zur Bestimmung von Atommassen - Ermittlung der Verhältnisformel von schwarzem Kupferoxid - Sicherung: Gesetzes der konstanten Proportionen anhand eines Arbeitsblattes rotem und schwarzem Kupferoxid - Aufstellen von Reaktionsgleichung am Beispiel der Synthesen von schwarzem und rotem Kupferoxid - Übungsaufgaben zum Aufstellen von Reaktionsgleichungen Je nach Lerngruppe beträgt der Stundenumfang 6 bis 8 Unterrichtsstunden. Es schließt sich eine Unterrichtsreihe zur Einführung in die Stöchiometrie an, in der das Aufstellen von Verhältnisformeln und	Mischung aus klassischem und deduktiven Vorgehen	L

	Reaktionsgleichungen bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben geübt wird.		
47	Ich führe die Formelsprache begleitend von anfangen mit ein und freue mich, wenn die SuS zu Beginn der Qualifikationsphase damit umgehen können	-	L
48	Symbole und Namen 1 Aufstellen von Formeln 3-4 s.o. Gleichungen 3-4	Vereinfachtes Deduktives Vorgehen	L
49	Ich bin zur Zeit an einer Überarbeitung meiner Unterrichtsreihe. Ich bin bei den Elementgruppen und führe die Symbole der Elemente sofort ein. Leider habe ich den Kurs nur einmal in der Woche.	-	L
50	mehr als 1 Reihe nötig; - 8. Klasse: Formeln werden exp. ermittelt (CuS) Stoffe kommen atomar, molekular oder in Elementargruppen vor; Aussagen der Formeln ganz ausführlich mit blauer Kreide-Geheimschrift für nicht Geschriebenes; ausf. AB, auf das mind. 2 Jahre immer wieder zurückgegriffen wird; ausf. Aufstellen von Reaktionsgleichungen - Ende 8/Anfang 9 nach Energiestufen-, Schalenmodell und einem selbst gebastelten PSE Ermittlung der Formeln von Salzen über die Bestimmung der Formeln der Ionen und des Anzahlverhältnisses; ganz systematisch, "Gebetsmühle" als Hilfe, ebenso Legosteine mit + und - - "Nippeln" 9. Klasse: Kugelwolkenmodell zur Bestimmung der Zahl der Atombindungen, des Molekülbaus und z.T. der Summenformeln Stundenumfang kann ich nicht angeben, wird so lange gemacht, wie nötig; aber es dauert - Methode scheint erfolgreich, wenn Interesse geg.	Spiralcurricular, klassisch-modellorientiertes Vorgehen	L
51	Experiment und Auswertung, Aufgreifen des Teilchenmodells Übertrag auf Formeln Anwenden der Formeln auf andere	Modellorientierung	L

	Beispiele Stundenvolumen schwierig zu schätzen, hängt vom Fortschritt der jeweiligen Lerngruppe ab.		
52	- Reaktion als Beispiel (Synthese von Kupfersulfid) - Aufstellen einer Wortgleichung - Problemstellung: die Reaktion läuft weltweit gleich ab, die Reaktionsgleichung muss ebenfalls international sein - Lösungsvorschläge durch SuS (Übersetzen in andere Sprachen, ...) - es muss sich um allgemein verständliche Symbole gekümmert werden - gemeinsam mit dem Lehrer wird die Bedeutung der Symbole für die internationale Verständigung erarbeitet - Hilfestellung: Piktogramme (Gefahrensymbolen) - So wie Piktogramme beruhen auch Symbole für die chemischen Elemente auf internationalen Absprachen. - Nun werden statt der deutschen Worte abkürzende Elementsymbole verwendet. EINFÜHRUNG: in dieses Thema 2 Stunden	Inkonsistenter Weg über chem. Reaktion zu Symbolik (klass. Ansatz)	L
53	- chemische Grundgesetze, 6 Std. - Erklärung der Grundgesetze mit Teilchentheorie; 2 Std. - Atommasse, Stoffmenge, molare Masse - Einführung der Symbole für Atome und Verbindung dieser mit den Größen Atommasse, Molmasse, - Einführung der Formel als Symbolik für Moleküle und Verbindung der Bedeutung von chem. Formeln mit den Größen Molekülmasse, Molmasse; - Übertragung von Reaktionsschemata in Formelgleichungen - Stöchiometrisches Rechnen	Klassischer Ansatz	L
54	Eigentlich führe ich die Formelsprache nicht in Form einer Unterrichtsreihe ein, sondern komme immer wieder darauf zu sprechen. Beispiel: In der Unterrichtsreihe "Salze" leite ich die Formel von einfachen Salzen aus den Hauptgruppen her (I. und VII. HG, II. und VII. HG etc.), in der Reihe "Rost" werden einfache Redoxreaktionen erarbeitet. Erst dann werden vollständige Reaktionsgleichungen mit stöchiometrischem Ausgleich erarbeitet. Dieses schrittweise einführen der Formelsprache fällt den SuS m.E.	Spiralcurricular, Modellorientierung	D (Dr.)

	leichter als wenn dies "am Stück" in einer Unterrichtsreihe erarbeitet wird.		
55	Das ist bei mir keine Reihe, die man am Stück unterrichtet, sondern immer wieder, wenn es notwendig ist, aufgreift und anpasst.	Spiralcurricular, -	L
56	Massenverhältnis bei chemischen Reaktionen Chemische Grundgesetze (Erhaltung der Masse) Daltons Atommodell Verhältnisformel für Verbindungen Atommassen Umfang etwa 8 Doppelstunden	Klassisch-modellorientiert	L
57	Die Formelsprache an sich ist für mich keine separate Unterrichtsreihe, sondern beginnt schon im Anfangsunterricht, da die Molekülformeln für Wasser und Kohlenstoffdioxid aus meiner Erfahrung schon jungen Schülerinnen und Schülern bekannt sind. Im zweiten Unterrichtshalbjahr werden dann Elementsymbole als "Abkürzungen" eingeführt, im zweiten Unterrichtsjahr dann in der Reihe Atombau diese Symbole vertiefend verwendet - bis hin zu Molekülformeln und Ionenschreibweisen. Zunächst werden Reaktionsgleichungen immer gemeinsam erstellt, erst im dritten Unterrichtsjahr erwarte ich hier von den Lernenden vertieftes Verständnis, sodass solche Gleichungen auch selbstständig erstellt werden	Spiralcurricular, deduktiv, mit Modellorientierung	L (Dr.)
58	2 Std. Versuche zum Massenverhältnis bei chemischen Reaktionen, z.B. Kupfersulfid, Zersetzung von Wasser an glühendem Magnesium, Vergleich Masse Magnesiumoxid und gebildeter Wasserstoff. 1 Std. Gesetz der konstanten Proportionen. 1 Std. Historischer Exkurs: Aristoteles, Demokrit, Dalton 1 Std. Atommodell nach Dalton, Loschmidsche Zahl 2 Std. Atommassen und Symbole 2Std. Formelschreibweise für Verbindungen und ihre Bedeutung 2Std. Ersatz des	klassisch	L

	Reaktionsschemas durch die Reaktionsgleichung. Weiterer Unterricht: Ständiges Wiederholen am weiteren Unterrichtsstoff.		
59	Atommodell von Dalton, Modellversuch zur Atommassebestimmung, Einführung der Elementsymbole. Aufstellen von Verhältnis- und Molekülformeln. Ca. 8 U-Stunden. Hieran schließt sich eine Reihe über den Atomaufbau und PSE an. (Alternativ: Reihe über 1. (2.) und 7. Hauptgruppe des PSE und danach dann Atomaufbau/PSE).	Modellorientiert-klassisch	D (Dr.)
60	Formelsprache wird kontinuierlich über sämtliche Reihen weiter vertieft eingeführt. Es gibt keine konkrete Einheit zu diesem Thema. Wäre nach den Richtlinien NRW nicht vorgesehen.	Spiralcurricular, -	L
61	- Synthese und Zerlegung von Wasser - Analyse der Ausgangsstoffe und Endprodukte - Wortschemata - Abruf der bereits bekannten (einfachen) Formeln für Sauerstoff, Wasserstoff, Wasser - quantitative Bestimmung der umgesetzten Gasvolumina - Anwendung des Avogadro-Gesetzes - Herleitung der stöchiometrischen Reaktionsgleichungen	Klassisch, aber reduziert	L
62	Einstieg: Versuch mit quantitativem Schwerpunkt, Auswertung, Reaktionsgleichung, weitere Übungsaufgaben und Experimente (ca. 3 Stunden).	klassisch	L
63	1. Gruppenpuzzle Atombau (6 Stunden) 2. Geladene Teilchen, Ionen, elektrische Leitfähigkeit von Elektrolytgetränken (4 Stunden) 3. Atome und Ionen im PSE 4. Salze und Kugelpackungen (2 Stunden) 5. Formeln für Salze (3 Stunden) 6. Metalle und Formeln (1 Stunde) 7. Elektronenpaarbindung, polar unipolar, Elektronegativität, Lewis-Formeln (8 Stunden) 8, Kombination aller Teilchenarten in Reaktionsgleichungen, Ausgleichen (8 Stunden)	Modellorientierung	L (Dr.)

64	1. Lehrerdemoexp. Natrium reagiert mit Wasser (Phenolphthalein) 2. Reaktionsschema formulieren 3. Reaktionsschema aufstellen lassen, Formeln für Natrium und Wasser sind bekannt. Anhand der R-Sätze für Natrium ergibt sich, das das entstandene Gas Wasserstoff ist. Die Formel für die Lauge muss angegeben werden. 4. Mit Hilfe vom Legosteinmodell erklären in welchem Anteil die einzelnen Elemente vorkommen. (1 Doppelstunde)	Modellorientierung (besonders)	L
65	Chemische Reaktion mit quantitativer Erfassung des Massenverhältnisses, Zusammenhang von Stoffmenge, Atommasse und Stoffmasse anhand von Lego-Duplo-Steinen, Vertiefung der Modelldarstellung mit Kugelmodellen, weitere quantitative Versuche (z.B. Wasserzersetzung/Wassersynthese im Eudiometerrohr), Auswertung der quantitativen Versuche, Übungsaufgaben zu Stoffmenge und Reaktionsgleichungen - insgesamt netto 4 - 6 Stunden, eingebettet in 10 - 12 Stunden mit zusätzlichen Inhalten wie Redox-Reaktionen, Eigenschaften von Wasser etc.	klassisch	L
66	1./2. Std. Einstieg über Demonstration einer einfachen Synthese, Auftrag: beteiligte Teilchen mit Lego nachbauen (Begriffe klären: Verbindung Element Atom Molekül) Text aus Sofies Welt, Vgl. Lego Atome 3./4. Std.: Fragestellung: Wie Verbindungen nun in echt 3:1 4:3??? Versuch Zinkiodid – Massenverhältnis 5./6. Std.: Mit beschriftetem ausgewähltem Lego nachbauen Atommassenermittlung kurz klären Bindigkeit (Wertigkeit), Verhältnisformel ableiten 7./8. Std.: Mit CuSulfid sichern 9.-12. Std.: Reaktionsgleichungen erarbeiten und im Stationenlernen üben	Klassisch-modellorientiert	L (Dr.)
67	nach Buch Chemie heute S1	-	D (Dr.)

68	Heranführen der Schüler an die Notwendigkeit eine "neue" Sprache zu nutzen, Bekanntmachen mit Wortbausteinen TE2R2AS2 Gemeinsames Überlegen nach sinnvollen Regeln und Prozeduren, übersetzen von bekannten Verbindungen in Formeln und rückübersetzen von Formeln in Verbindungen	-	L
			51 L; 7 L(Dr.); 3D; 7D(Dr.)

Nr.	Unterrichtsreihe (Gesamtschule)	Didaktischer Ansatz (vgl. Kapitel 1 und 6)	Lehrer(In) (L) Diplom (D) Fachfremd (F)
1	Prinzipiell ergänze ich bei jeder chemischen Reaktion, die im Anfangsunterricht besprochen wird, die Wortgleichung durch die Reaktionsgleichung mit Formeldarstellung. Die "systematischere" Einführung erfolgt im Zuge der Atommodellvorstellungen nach dem Schalenmodell. 1. Stunde: Magnesium-Brom-Zelle: Atome können Elektronen abgeben oder aufnehmen. 2. Stunde: Streuversuch von Rutherford - Kern-Hülle-Modell 3. Stunde: Das Ordnungsprinzip in der Atomhülle - Schalenmodell 4. - ca 7. Stunde: Ionenbildungsreaktionen nach dem Schalenmodell deuten und das Aufstellen von Reaktionsgleichungen mit Hilfe des Schalenmodells (Reaktionsbeispiele: Natrium reagiert mit Chlor / Sauerstoff; Bildung von Erdalkalihalogenuiden etc.)	Spiralcurricular, modellorientiert	L
2	6-8 Std - Exp: $\text{Rk Cu} + \text{S}$ quantitativ - Auswertung: konstante Massenverhältnisse - Erinnerung bzw. Einführung: unterschiedliches Gewicht verschiedener Atome - Berechnung des Teilchenverhältnisses aus dem erhaltenen Massenverhältnis - Einübung, Veranschaulichung an verschiedenen Beispielen	klassisch	L
3	Wir machen keine explizite Unterrichtsreihe zur Einführung der Formelsprache, sondern führen diese in folgenden Kontexten ein: Chemische Reaktionen unter der Lupe (--> Symbole und Formeln von Molekülen) Elementgruppen und Periodensystem (--> Symbole) Atombau und Ionenbindung (--> Formel von Salzen und Symbolgleichungen)	Spiralcurricular, modellorientiert (kontextbezogen)	L

4	Alkalimetalle: Eigenschaften Reaktionen Natrium Kalium Lithium Gründe für Ähnlichkeiten im Atombau d.f.: Bildung von Ionen Übergang von Atombauzeichnungen zu verkürzten Symbolen . . . . . Halogene: Übergabe von Elektronen: Einführung der Formelsprache	Vereinfachte Modellorientierung	L
5	1. Atommodelle 2. Schalenmodell mit Elektronenverteilung inkl. Hauptgruppeneigenschaften 3. Reaktion von Natrium mit Chlor mit Elektronenübergang 4. weitere Verbindungen mit Formeln aufstellen über die Wertigkeit	Vereinfachte Modellorientierung	L
6	Die Elementsymbole führe ich konsequent schon im Anfangsunterricht neben den Wortgleichungen ein, natürlich ohne stöchiometrische Aspekte. Nach der exemplarischen Behandlung einiger Hauptgruppen aus dem PSE in Klasse 9 problematisiere ich die Formelsprache der Chemie an den Fällen H <sub>2</sub> O bzw. CO <sub>2</sub> , die viele Schülerinnen und Schüler schon aus dem Alltagswissen kennen, aber natürlich nicht verstehen. Ausgehend von Kugelteilchendarstellungen zu diesen Stoffen führe ich dann über die Hauptgruppennummern die Wertigkeiten ein und die Regeln zum Umgang mit diesen. Neben dem Einsatz verschiedener in Frage 8 genannten "Medien" ist dann vor allem Üben angesagt. Nach 18 jähriger Berufserfahrung kann ich für mich feststellen, dass alle Versuche zur experimentellen, quantitativen Herleitung der Stöchiometrie von Verbindungen (auch in arbeitsteiligen Schülerexperimenten) mehr Verwirrung als Hilfe liefern. Ich verzichte daher mittlerweile darauf zu Gunsten ausgeweiteter Übungsstunden. Insgesamt kalkuliere ich mit 8 U.-Std. zur Einführung und Festigung des Themas. Problematischer ist die Frage, wie lange der Lernerfolg abrufbar bleibt. Um dem Vergessen entgegenzuwirken, wende ich die Formelsprache nach der UE konsequent weiter an in Kombination durchaus mit Kugelteilchenbilder und Wortgleichungen.	Spiralcurricular, modellorientiert	L

7	Ich denke, man kann dafür keine "Unterrichtsreihe" angeben, weil die Formelsprache bei uns "im Kleinen" schon in Jg 7 eingeführt wird mit dem Kugelteilchenmodell und dann in der 9 nach den Atommodellen intensiviert wird. Das ist kein Thema, zu dem ich eine Unterrichtsreihe angeben möchte, das zieht sich durch den Untrricht von 7-10.	Spiralcurricular. -	L
8	das geht nicht "kurz", das dauert je nach Lerngruppe und Leistungsniveau (Gesamtschule!!!) viele Wochen. 1. Atombau und Periodensystem, mit Übungsstunden (ca. 12 Std.) 2. Oktettregel, Elektronenübergänge, Ionenbildung mit Übungsstunden und Film s.o. (10 Stunden) 3. Ionenbindung; Erstellung der Formel versch. Salze; einfache Reaktionsschemata (6 Std.) 4. Neutralisationsreaktionen, auch experimentell, dazu die Chemie versch. Säuren und LAugen (8 Std.)	Modellorientierung	L
			8 L

Nr.	Unterrichtsreihe (Realschule)	Didaktischer Ansatz (vgl. Kapitel 1 und 6)	Lehrer(In) (L) Diplom (D) Fachfremd (F)
1	- Atommodell nach Dalton - Gesetz von der Erhaltung der Masse - Das Periodensystem der Elemente - Die chemische Formel - Die Atommasse/ das Mol - Die Wertigkeit - Reaktionsgleichungen - Molekülmodelle Umfang ca. 12 Stunden	Klassisches Vorgehen	L
2	Die Frage ist für sich genommen nicht auf meinen Unterricht zutreffend, weil es keine reine Unterrichtseinheit zum Thema Formelsprache gibt. Vielmehr werden in verschiedenen Reihen immer wieder Elemente der Formelsprache aufgegriffen, die dann passend zum jeweiligen Thema erklärt oder erarbeitet werden. Eine reine Einheit über mehrere Stunden ohne Experimente, dafür aber mit viel Theorie scheint mir nicht angemessen und fernab von den Wunschvorstellungen und Erwartungshaltungen der Schüler an das Fach Chemie.	Spiralcurricular, -	L
3	1. Zu jeder chemischen Reaktion wird neben der Wortgleichung die vereinfachte Formelgleichung ergänzt, hiermit meine ich immer das Atomzahlenverhältnis 1:1. 2. Mit einer Unterrichtseinheit über Kohlendioxid wird Sauerstoff als O <sub>2</sub> -Molekül eingeführt. 3. 3-4 Stunden "Wertigkeit" 4. Ca. 4 Stunden üben mit einfachen Verbindungen, also nur Sulfide, Oxide und Chloride in Jahrgangstufe 8	Deduktives Vorgehen	L
4	wenn das PSE bekannt ist (also Elementsymbole mit ihrer Doppelbedeutung: Elementname oder 1 Atom dieses Elements): Einführung der Verhältnisformel am Beispiel spezieller Legierungen. Zuerst "versilbern" bzw. "vergolden" SuS	Strukturorientiertes Vorgehen	D (Dr.)

	Kupfermünzen im SuS-Versuch (sehr beliebter Versuch!!!, die SuS dürfen ihre Produkte auch behalten), dann erfolgt eine theoretische Erarbeitung des Begriffs Legierung, und am Beispiel besonderer, stöchiometrisch aufgebauter Legierungen, z.B. 500er und 750er Rotgold, wird die Verhältnisformel anhand von Strukturmodellen erarbeitet (ganz im Sinne des Strukturorientierten Chemieunterrichts). Die Strukturmodelle werden teils als Anschauungsmodelle verwendet, teils von SuS selbst hergestellt. Stundenumfang: etwa 4-5 Doppelstunden		
5	- Chemische Elementsymbole 1 Std. - Periodensystem 1 - 2 Std. - Schalenmodell 2 Std. - Wertigkeit 2 Std. (bei sw-Kursen 1 Std. - oder wenn es gar nicht geht keine) - Aufstellen der Formelgleichung 2 Std. (sw-Kurse auch gar nicht)	Vereinfachte Modellorientierung	D (Dr.)
6	Verbrennung von Magnesium Mg vorher -nachher -MgO Eisenwolle verbrennen wiegen- $\text{Fe} + \text{O} \rightarrow \text{FeO}$	Vereinfachtes deduktives Vorgehen	D L
7	Atommodell von Dalton chemische Reaktion als Umgruppierung von atomen Wertigkeit Aufstellen von Formeln Aufstellen von Reaktionsgleichungen	Vereinfachtes deduktives Vorgehen	L
8	Analyse und Synthese von Wasser 8 Stunden Salzbildungsreaktionen (nach dem Aufbau der Atome) $\text{Na} + \text{Cl}$ mit chemie interaktiv folgend für die Erdalkalimetalle mit Halogenen 6 Stunden	Vereinfachtes deduktives Vorgehen, inkl. einige Elemente Modellorientierung	L
9	1-2 St. Verbrennen von Eisenwolle an der Balkenwaage + Kontrollexperiment im geschlossenen Raum 3-4 St. Gesetz von der Erhaltung der Masse + Bezug zum Experiment 5-6 St. Daltons Atommodell + chemische Zeichensprache 7-8 St. Wertigkeit 9-12 St. Einrichten von Reaktionsgleichungen + Übungen 13-14 St. Lernstationen zu allen o.g. Themen 15. St. Test	Klassisch	F

10	<p>Verbrennungen - Oxidationen Verbrennung von Metallen: Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff, Reaktion von Eisen mit Sauerstoff usw. Wort-und Symbolgleichungen, Teilchenmodell, Begriff der Chemischen Reaktion Verbrennung von Nichtmetallen: Reaktion von Kohlenstoff mit Sauerstoff, Reaktion von Schwefel mit Sauerstoff, Verbrennung von Methan - Wort-und Symbolgleichungen - Teilchenmodell -CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O Bildung als Umgruppierung von Teilchen, Wasser ein Oxid - Elektrolyse von Wasser u.a. 14-18 Stunden</p>	Modellorientierung	L
11	<p>1. Durchführung des Versuches von der Verbrennung von Magnesiumband. 2. Notierung der Beobachtung. 3. Einführung der Wortgleichung. 4. Vorstellung der Symbole von Magnesium und Sauerstoff. 5. Einführung der Symbolgleichung. 6. Erklärung der Symbolgleich mit Farben wie in der Grundschultechniken Mengenlehre o.ä. 7. Anwendung im Alltag, Vorteil von Symbolen (Abkürzung, Internationalität unter Verwendung des Türkischen (türkischer Schüler, die an unserer Schule immer in einer Gruppe sind). 8. Alltagsbeispiele von Oxiden. 9. Erweiterung auf andere Reaktionen 10. Auswendiglernen von wichtigen Symbolen.</p>	Deduktiv-modellorientiertes Vorgehen	L
12	<p>1. Symbole im Alltag Verkehrsschilder, KFZ-Kennzeichen usw. 2. Symbole in der Chemie - Gefahrensymbole - Elementsymbole - Bedeutung einiger Elementnamen 1-2 U-Std. 3. Formeln von Verbindungen, die bisher im Unterricht erarbeitet wurden, z.B. Eisenoxid, Aluminiumoxid, Kupfersulfid usw. Bedeutung der Indexpzahlen 1 U-Std. 4. Aufstellen von Formeln mit Hilfe der Wertigkeit (= Binfähigkeit) auch auch von bekannten Verbindungen (Siehe 3) 1-2 U-Std. 5. Benennung von Formeln a) mit di und tri usw. z.B. Kohlenstoffdioxid (kennen die SuS aus dem Alltag) b) mit der Wertigkeit im Namen, wie z.B. Kupfer(I)-oxid und Kupfer(II)-oxid 1 U-Std. 6. Aufstellen von Reaktionsgleichungen a) zuerst Metall + Schwefel b) dann Metall + Sauerstoff c) Krönung: Redoxreaktion 1-2 U-Std. 7.</p>	Deduktives Vorgehen, z.T. spiralcurricular	L

	Wiederholung 1 U-Std. 8. Test 20 Min. So unterrichte ich das Thema Ende Kl. 7 oder 8, im 2. Unterrichtsjahr(halbjahr) nach Redoxreaktionen. Die Thematik greife ich dann jeweils immer wieder bei neuen Inhalten auf und erweitere und ergänze Fehlendes oder Neues.		
13	Wer nimmt den Sauerstoff? Oxidation-Reduktion-Redoxreaktionen ca. 12 Stunden	-	L
14	- Warum Formelsprache (Geschichte, Alchemie, Berzelius) - ausgewählte Symbole (Kreuzwörterrätsel lösen können, Bingo, Karten raten) Formeln - was sind Formeln, wofür stehen sie, wie erhält man sie (Wertigkeit)? (Sammlung bisheriger Stoffe, AB, Versuche, Spiele) - Reaktionsgleichungen ( von der Wortgleichung zur RG, Stöchiometrie, Versuche, AB, Übungen) Ansonsten so früh wie möglich immer schon Formeln nennen und die SuS daran gewöhnen(ab Klasse 7)- je mehr sie schon kennen, desto eher verlieren sie die Angst davor.	Modellorientierung	L (Dr.)
15	Bildung von Salzen aus den Ionen: Atombau, Edelgaskonfiguration, PSE müssen vorher geklärt werden - Versuche zu Eigenschaften von Salzen: Leitfähigkeit in H <sub>2</sub> O, kleine Elektrolyse (alles Schülerversuche) - Salze enthalten geladene Teilchen, wie können diese entstehen im Hinblick auf das PSE? -NaCl als Beispiel: Herstellung aus Elementen (Lehrerversuch) -Elektronenübertragung, Ladung der Ionen - Grundlage: nach außen neutral, wie viele Teilchen brauche ich dazu? -weitere Kombinationen	Modellorientierung	L
			10 L; 1 L(Dr.); 3D (2Dr.); 1F

Nr.	Unterrichtsreihe (Hauptschule)	Didaktischer Ansatz (vgl. Kapitel 1 und 6)	Lehrer(In) (L) Diplom (D) Fachfremd (F)
1	-Stoffe und Teilchen (3h) -Elemente und Atome (2h) - Verbindungen und Moleküle (2h) -Molekülmodell und Formel (4h) -Reaktionen als auseinander nehmen und zusammensetzen von Atomen und Molekülen (4 h) Übertragung vom Modell zur Reaktionsgleichung (4h)	Modellorientierung	D
2	z.B. Wortgleichung wird in Symbolformeln übersetzt ( Klasse 8/9). Thematik: Chemische Reaktionen, Redoxreaktionen, ca.10 Unterrichtsstunden Klasse 10: Einführung des Periodensystems, ca 10 Unterrichtsstunden	Modellorientierung, Deduktion, spiralcurricular	L
3	Klasse 7: Einführung der Begriffe Element, Verbindung, Kennenlernen der Elementsymbole ca 2 Stunden ; Einfache Formeln für Verbindungen, wie z.B. Wasser, Kohlenstoffdioxid Klasse 9: Kohlenwasserstoffe, Kugelmodelle, Strukturformeln, Summenformeln, Einfache Reaktionsgleichungen um Reaktionsarten zu erklären Klasse 10B: Gesetz vom Erhalt der Masse, Übertrag auf Teilchenebene, Aufstellen von Reaktionsgleichungen (Formeln für die Stoffe werden der Formelsammlung entnommen)ca 6Stunden	Spiralcurricular, Modellorientiert / Klassisch	L
4	Ich führe dazu keine Unterrichtreihe durch. Ich bin froh, wenn ich in 4 Chemiestunden, verteilt auf Schuljahre 5 bis 10, den SuS grundlegende Kenntnisse (alltags- und lebensnah) vermitteln kann. Sie lernen im Verlauf der einzelnen Themen verschiedene Symbole kennen, mehr aber nicht.	Kontextbasier	L

5	Die Formelsprache wird immer im Zusammenhang mit dem aktuellen Stoff schrittweise eingeführt. Eine Unterrichtsreihe, die nur die Formelsprache zum Inhalt hat, ist für meine Schüler viel zu theoretisch und würde ihre kognitive Aufnahmefähigkeit überfordern. Mir fällt zur Zeit auch keine Methode ein, wie ich Schüler für dieses Thema motivieren könnte.	Kontextbasiert	F
6	Thema Metalle Einteilung der Metalle in edle und unedle Metalle mit Nennung einige Vertreter. um diese nicht immer ausschreiben zu müssen und sich auch untereinander zu verständigen haben Chemiker kurze Zeichen für verschiedene Elemente gefunden (historischer Einstieg). Dann erstmals Arbeit mit dem PSE. Schüler suchen chemische Zeichen der genannten Metalle heraus. Bedeutung einiger Zeichen wird erklärt. (Pb=Plumbum) ca. 2 Stunden	-	F
7	Da ich keine abgeschlossene Unterrichtseinheit zum Thema Formelsprache durchführe, sondern die Formelsprache sich in jeder Unterrichtseinheit wiederfindet (manchmal nur am Rande), kann ich hier keine UR skizzieren. Die SuS wachsen nach und nach in die Formelsprache hinein, wobei ihr Wissen schrittweise im Laufe der Jahre erweitert wird, so dass sie Mitte der Klasse 9 einfache, dem HS-Niveau entsprechende Gleichungen (organisch und anorganisch) in Wort- und Formelschreibweise eigenständig aufstellen können: Redoxreaktionen, Neutralisationen, Bildung von Säuren und Basen, einfache organ. Gleichungen etc	Kontext-modellhaft	D
8	den Stundenumfang kann ich nicht genau angeben, da sich die Lerngruppen zu deutlich unterscheiden. In der Regel die "Klassische Geschichte" Über die Änderung der stofflichen Eigenschaften im Rahmen einer chemischen Reaktion (Eisen und Schwefel, Schwefel und Silber) dann im Rahmen der Redoxreaktionen (Massenzunahme durch Verbrennung) Im Bereich Elektrochemie um Vorgänge an den Elektroden erklären	Klassisch-modellorientiert	L

	zu können (leistungsstarke Gruppen) Im Zusammenhang mit den Atommodellen /PSE usw. Zusammenfass: trotz Aufbauen auf vorhandenes Wissen plane ich immer wieder als ob es neu wäre.		
			4 L;2D; 2F;

## **Anhang II:**

### **Studie 2**

II.1 Diagnosetest	215
II.2 Wissenstest PRAE, POST, FUP	222
II.3 Leitfragen Lehrerinterview	225



Liebe Schülerinnen und Schüler,  
im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie ist Eure Mithilfe nötig. Wir arbeiten gemeinsam mit Eurer Lehrerin/mit Eurem Lehrer daran, den Chemieunterricht besser auf Euch abzustimmen. Dazu ist es notwendig, dass Ihr die folgenden Aufgaben löst. Es ist nicht schlimm, wenn Ihr nicht alle Aufgaben lösen könnt. Sie sind NICHT dafür gedacht, Euch zu kontrollieren, sondern herauszufinden, was Ihr schon alles könnt.

### 11 **Mathematische Fähigkeiten**

Bei diesem Testabschnitt soll Deine mathematische Fähigkeit eingeschätzt werden.

#### 12 **Treffen folgende Aussagen zu?**

	<b>Aussage</b>	<b>wahr</b>	<b>falsch</b>
1.	Das kleinste gemeinsame Vielfache von 8 und 7 ist 56.		
2.	Wenn der erste Kirchturm einer Kirche 20 m hoch ist und der zweite Kirchturm 30 m hoch ist, beträgt ihr Größenverhältnis 2 zu 3.		
3.	wenn 3 kg einer Chemikalie 8 Euro kosten, dann kosten 7 kg dieser Chemikalie 21 Euro.		
4.	Der größte gemeinsame Teiler von 24 und 8 ist 8.		
5.	Wenn 5 Druckerpressen 10000 Zeitschriften in 6 Tagen herstellen, dann benötigen 6 Druckerpressen für die gleiche Anzahl an Zeitschriften nur 5 Tage.		

Du hast **10 Minuten** Zeit für diesen Test.

#### 13 **Platz für den Rechenweg:**

## **Sprachliche Fähigkeiten**

In diesem Testabschnitt sollst du darstellen, wie gut Du schon einen Text in eine graphische Information umsetzen kannst. Im zweiten Testabschnitt soll überprüft werden, wie gut Du Symbole filtern kannst übersetzen kannst.

14 **Stelle den Begriff „Element“ graphisch in einer kleinen „Mindmap“ dar:**

### Elemente –Erklärung für einen Begriff aus der Antike

Schon vor 2500 Jahren sprach man in der Antike von „Elementen“. Die Menschen verstanden aber etwas ganz anderes darunter als heutzutage. Die führenden Philosophen Empedokles, Platon und Aristoteles erklärten, dass alle Stoffe aus den vier Elementen Feuer, Wasser, Luft und Erde aufgebaut sind. Diese unzertrennbaren Urstoffe haben folgende gegensätzliche Eigenschaften. Erde - kalt und trocken, Feuer - warm und trocken, Luft -

Quelle: Chemie Interaktiv Niedersachsen, Cornelsen 2011, S.171 gekürzt und verändert

Du hast **5 Minuten** Zeit für diesen Test.

**Lösung:**

Suche in der Zeichenabfolge den Buchstaben „A“. Wie oft taucht er auf?

2512022A36454565879895804251254598679836121045412554769788  
989787894562514211558879A989584756204510550142458698551232  
4885656522551252154254551242515145425121215122515124254152  
1452514254585487542515125445A42158579763521204540404545545  
45455454545454875421457858799786312134659758521212522125

A erscheint \_\_\_ mal

3248856565225512521542545512425151454251212151225151242541  
521452514254585487542515125445A421585797635212045404045455  
4545455454545454875421457858799786312134659758521212522125  
12022A3645456587989580425125459867983612104541255476978904  
45040A0142412545421554545454221545475857242111232358698989  
787894562514211558879A989584756204510550142458

A erscheint \_\_\_ mal

8989787894562514211558879A9895847562045105501424586985512  
324885656522551252154254551242515145425121215122515124254  
521452514254585487542515125445A42158579763521204540404545  
90445040A0142412545421554545454221545475857242111232359  
8989787894562514211558879A989584756204510550142458698553  
248856565225512521542545512425151454251212151225151242541

A erscheint \_\_\_ mal

521452514254585487542515125445A421585797635212045404045455  
4545455454545454875421457858799786312134659758521212522125  
12022A36454565879895804251254598679836121045412554A697890  
445040A014241254542155454545422154547585724211123235869898  
9787894562514211558879A98958475620451055014245869855132488  
5656522551252154254551242515145425121215122515124

A erscheint \_\_\_ mal

Du hast **5 Minuten** Zeit für diesen Test.

## Abstraktionsfähigkeit und logisches Denken

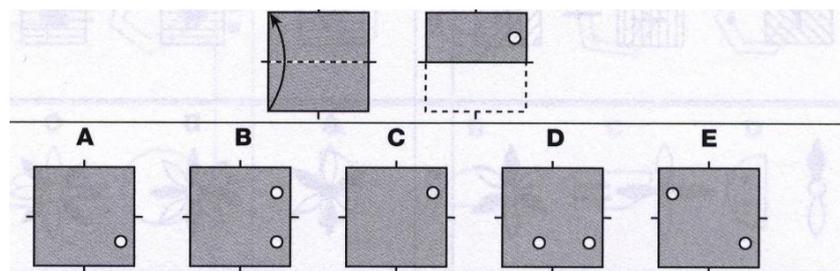
Im letzten Testabschnitt sollst du Dir vorstellen, wie ein Stück Papier gefaltet wird. Jede Teilaufgabe besteht aus Abbildungen, die auf der linken Seite der senkrechten Linie und auf der rechten Seite der Linie stehen. Schau Dir bitte das untere Beispiel an.

Im zweiten Testabschnitt werden von dir abstrakt-logische Entscheidungen gefordert. Hier sollst du erkennen, welches fehlende Segment integriert werden muss.

Die Abbildungen auf der **linken Seite** zeigen ein quadratisches Stück Papier, das Schritt für Schritt gefaltet wurde. Nachdem das Papier gefaltet wurde, wurden ein oder mehrere Löcher in das Papier gestanzt. Die Löcher wurden durch alle Lagen des gefalteten Papiers gestanzt. Die fünf Abbildungen auf der **rechten Seite** der senkrechten Linie zeigen, wie das Papier aussehen könnte, wenn man es wieder auseinanderfaltet. Das heißt, wo sich die Löcher dann befinden könnten.

Finde die richtige Abbildung heraus und kreuze die richtige Abbildung an.  
(Nur eine dieser 5 Abbildungen ist richtig.)

**Beispiel:**



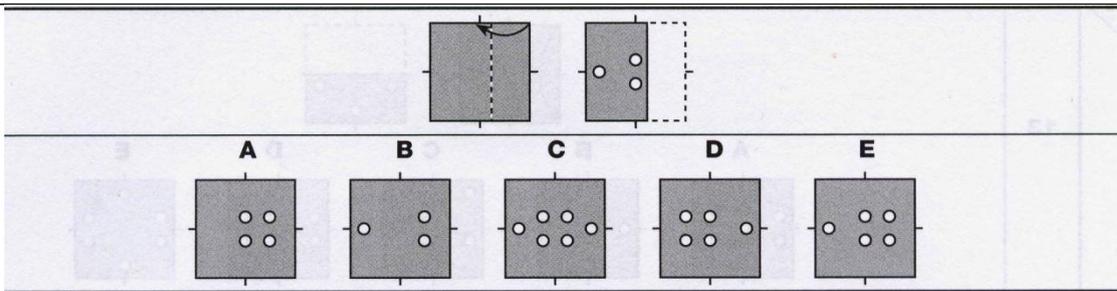
Die richtige Antwort in diesem Beispiel ist B und sollte deshalb angekreuzt werden.

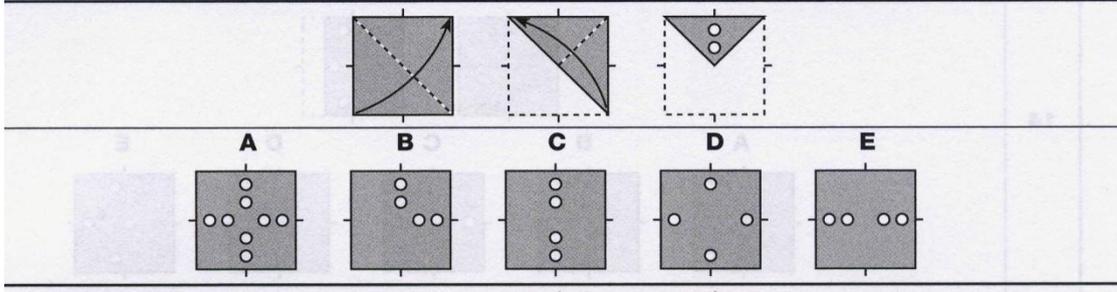
Alle Faltungen, die gemacht wurden, sind in der Abbildung gezeigt. Das Papier wurde ansonsten nicht bewegt oder verändert.

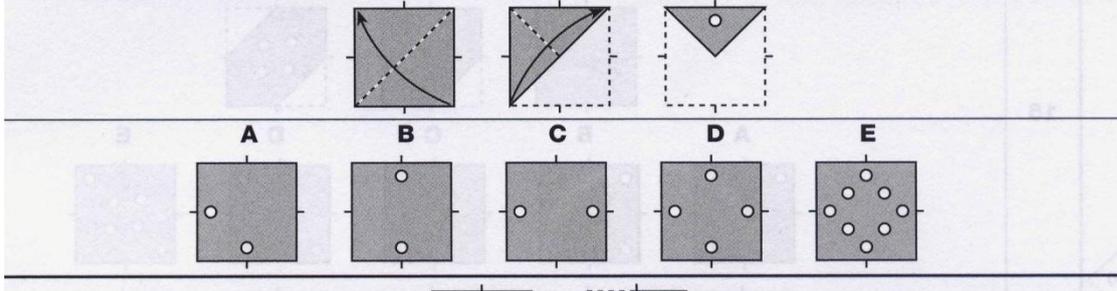
Bitte erinnere Dich daran, die richtige Antwort zeigt die richtige Position der Löcher wenn das Papier vollständig aufgefalted wird.

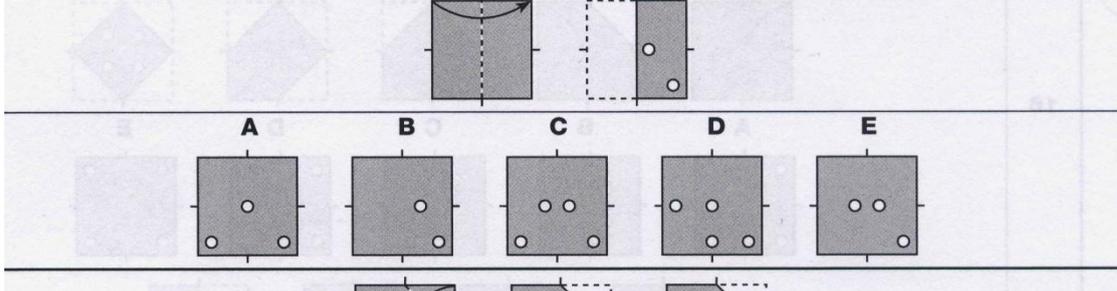
Deine Punktezahl in diesem Test errechnet sich aus der Anzahl der richtig angekreuzten Antworten minus der Anzahl der falsch angekreuzten Antworten. Es ist also nicht vorteilhaft zu raten, es sei denn Du kannst bestimmte Antworten ausschließen. Arbeite bitte so schnell du kannst, ohne dabei ungenau zu werden.

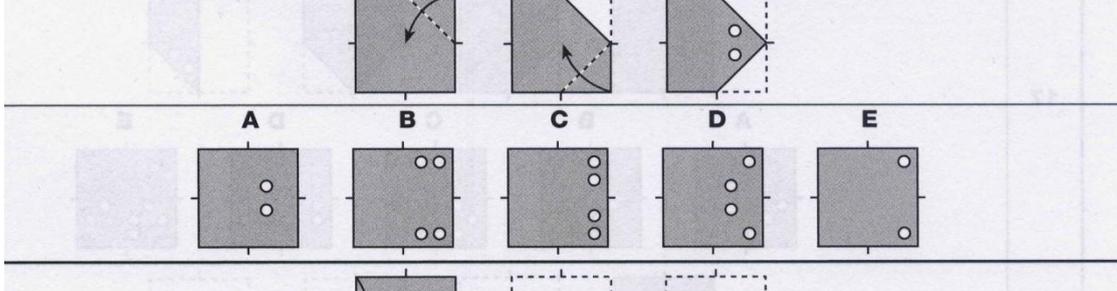
Du hast **5 Minuten** Zeit für diesen Test

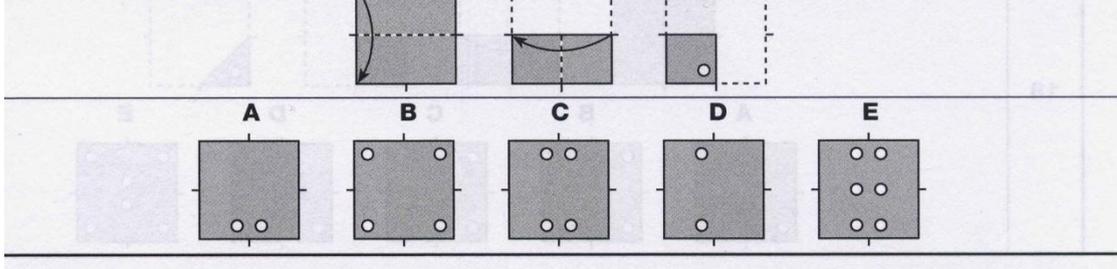
1. 

2. 

3. 

4. 

5. 

6. 

----

**ENDE**

----

Du hast nun das Ende erreicht! Vielen Dank für Deine Mitarbeit.

**Quelle:**

Ekstrom, French, Harman, Dermen (1976): Manual for kit of factor-referenced cognitive tests  
Kognitiver Fähigkeits-Test für 5.-12./13. Klassen, Revision (KFT 5-12+R), Beltz (2000)

## Statistische Daten:

<b>Erster Buchstabe des Vornamens deiner Mutter</b>	
<b>Letzter Buchstabe deines Nachnamens</b>	
<b>Letzte Zensur im Fach Chemie</b>	
<b>Geschlecht</b>	
<b>Alter</b>	

### Lösungen und Hinweise:

Der Diagnostest soll innerhalb einer Unterrichtsstunde durchgeführt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Aufgaben immer nur in der angegebenen Zeit bearbeiten und danach die nächste Aufgabe bearbeiten. Die Aufgaben entsprechen dem Lerninhalt bis zur 7. Klasse. Es werden die mathematischen Inhalte formativ diagnostiziert, d.h. hier wird das Verständnis über die zu Grunde liegenden Lösungsalgorithmen überprüft. Man kann daraus erkennen, ob Lernende Lösungsstrategien anwenden können (wichtig bei der Aufstellung von Formeln und bei stöchiometrischen Zusammenhängen).

Im sprachlichen Teil wird das instruktionale Lesen diagnostiziert. Hier sollen die Schülerinnen und Schüler Informationen aufnehmen und gleichzeitig vernetzen. Je nach Vernetzungsgrad kann man erkennen, in wie weit die Lernenden Informationen lesen und umsetzen können. Im zweiten Teil wird die Konzentrationsfähigkeit und Genauigkeit der Informationsaufnahme überprüft.

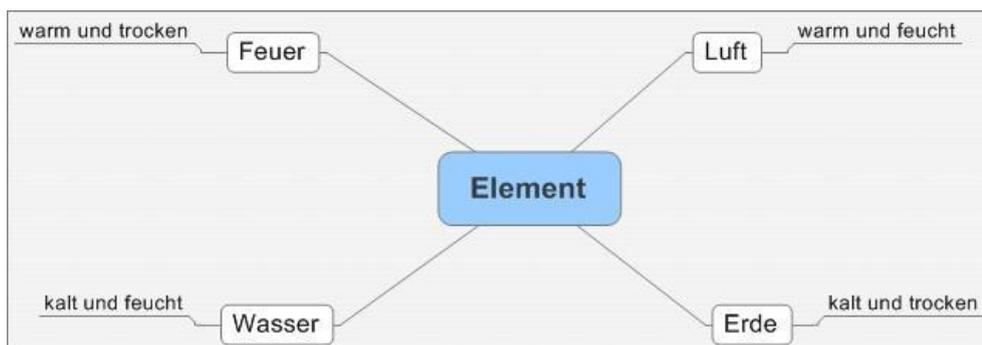
Im Abstraktionsteil kann man sehr einfach das räumliche-abstrakte Vorstellungsvermögen testen.

### Mathematische Fähigkeiten

1 w, 2 w, 3 f, 4 w, 5 w

### Sprachliche Fähigkeiten

Mindmap



bzw.

	kalt	warm
trocken	<b>ERDE</b>	<b>FEUER</b>
feucht	<b>WASSER</b>	<b>LUFT</b>

### 1 Symbolsuche:

Der Buchstabe A erscheint **17-mal**

### Abstraktionsfähigkeit

1C, 2A, 3D, 4C, 5D, 6C

Liebe Schülerinnen, liebe Schüler,

mit Hilfe dieser Befragung wollen wir deinen Kenntnisstand in diesem Teilgebiet der Chemie erfassen. Die Erfassung dient für unsere Forschung und wird nicht zur Bewertung deiner Leistungen im Unterricht herangezogen.

Danke für deine Mithilfe!

*1. Ergänze folgende Begriffe: **tiefer, vor, hinter, alle***

In einer chemischen Formel steht der Index für die in der Formel beteiligten Atome.

Der Index steht \_\_\_\_\_ dem Atom und ist \_\_\_\_\_ gestellt.

Koeffizienten stehen \_\_\_\_\_ den Formeln und beziehen sich auf \_\_\_\_\_ in der Formel vorkommenden Atome.

*2. Ordne die vorgegebenen systematischen Namen den zugehörigen Formeln zu. Verbinde den passenden Namen mit der Formel.*

Eisenoxid	$\text{NH}_3$
Natriumchlorid	$\text{O}_2$
Kaliumsulfid	Mg
Ammoniak (Triwasserstoffnitrid)	$\text{K}_2\text{S}$
Sauerstoff	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
Magnesium	NaCl

*3A.) Beschreibe, wie du die Formel von Kupfersulfid ( $\text{CuS}$ ) herleitest.*

*3B.) Beschreibe, wie du die Formel von Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) herleitest.*

4. Beschreibe mit Hilfe der nachstehenden Wörter den Verlauf der in der Bildergeschichte gezeigten Technik. Stelle danach das passende Reaktionsschema (Wortgleichung) und die Reaktionsgleichung (Symbolgleichung) auf. Verwende möglichst viele der angegebenen Worte. Aluminium, Tongefäß, Zünder, Thermitgemisch, Eisenoxid, exotherm, Reaktion, Schweißverfahren

Reaktionsschema:

Reaktionsgleichung:

Statistische Daten:

<b>Erster Buchstabe des Vornamens deiner Mutter</b>	
<b>Letzter Buchstabe deines Nachnamens</b>	
<b>Letzte Zensur im Fach Chemie</b>	
<b>Geschlecht</b>	
<b>Alter</b>	

## **Interview**

Im Rahmen dieses Interviews soll geklärt werden, wie die beteiligten Kolleginnen und Kollegen die Diagnose für ihren Unterricht empfunden haben.

Zusätzlich sollen ihre Erfahrungen und Beobachtungen zielgerichtet damit dokumentiert werden, da sonst die gegebenen Informationen ungerichtet gegeben werden und nicht zu dem Diagnoseverfahren berichtet wird.

### **Fragenkatalog (offen)**

1. Sind Ihnen Diagnoseverfahren bekannt?
2. Wenn Ihnen Diagnoseverfahren bekannt sind: welche sind das?
3. Verwenden Sie Diagnostik in ihrem eigenen Unterricht?
4. Haben Sie schon selbst Diagnoseverfahren entwickelt?
  
5. Sehen Sie eine Verbesserung des Verständnisses von Unterrichtsinhalten, wenn das Vorwissen von Schülerinnen und Schülern diagnostiziert worden ist?
6. Hat Ihnen dieses Diagnoseverfahren geholfen, etwas Neues über Ihre Lerngruppe zu erfahren?
  - a. Falls nicht: Nachfragen, wie bisher diagnostiziert wurde.
7. Können Sie Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, also mit und ohne Diagnostik, feststellen?
8. Haben sie bei den Lernenden einen Unterschied bemerkt?
  - a. Nachfragen, ob Unterschiede bei Jungen oder Mädchen zu beobachten waren (im Vergleich zur unveränderten Gruppe)
9. Haben Sie bei sich einen Unterschied bemerkt?
  - a. Bezüglich der Unterrichtsvorbereitung
  - b. Bezüglich der Abfolge der Unterrichtseinheit
  - c. Bezüglich der Reflexion potenzieller Verständnisprobleme
10. Was kann man an dem Diagnoseverfahren noch modifizieren?
11. Was ist ihnen noch auf gefallen?
12. Weitere Punkte, die den beteiligten Lehrkräften auffallen und sie von selbst ansprechen.
13. Fragen die durch Aussagen der Lehrkräfte auftreten.