„Kenntnis der Naturwissenschaft und das Anwenden-Können genügen nicht. Man muss auch wissen, wie die Natur dazu gekommen ist und immer wieder dazu kommt, uns in kleinen Andeutungen und unter gewissen Bedingungen dies Wissen anzubieten, das am Ende so ganz anders aussieht als sie selbst."

Wagenschein 1989, S. 83.

# Kapitel II

## Darstellung des Unterrichts – Konzeption eines Chemieunterrichts, der die Bedingungen der Möglichkeit eines *Vertieften Verstehens* bereitstellt

In diesem Teil geht es darum, die Konsequenzen aus den im ersten Teil erfolgten theoretischen Überlegungen zu ziehen und in eine Unterrichtskonzeption für den Chemieunterricht einfließen zu lassen. Dabei stellen sich im Vorfeld zwei Fragen:

- die Frage nach dem, was der im ersten Kapitel herausgearbeitete Verstehensbegriff für das *Verstehen von Chemie* bedeutet. Das kann an dieser Stelle nicht in allgemeiner Form abgehandelt werden, sondern wird im Hinblick auf die Unterrichtssequenz am Beispiel des chemischen Grundphänomens schlechthin, der *chemischen Reaktion* aufgezeigt. In diesem Zuge wird der Verstehensbegriff auf das Verstehen von dem, was eine chemische Reaktion ist, hin expliziert.

- Eng damit verbunden ist die zweite Vorüberlegung: Wagenschein war Mathematik- und Physiklehrer. Es stellt sich die Frage, ob sein genetisch-sokratisch-exemplarisches Lehrverfahren im Chemieunterricht durchführbar ist.

Im Anschluss an diese Vorüberlegungen wird der Gedankengang des Unterrichts dargelegt, in diesen fließen die im ersten Kapitel erarbeiteten Kriterien ein.

### 1 Theoretische Vorüberlegungen für den Chemieunterricht, die sich aus den aus dem im theoretischen Teil entwickelten pädagogischen Fachbegriff *Verstehen* für die Durchführung des Unterrichts ableiten

Fasst man, wie beschrieben, Verstehen als einen Prozess von Zuwendung und Aneignung auf (Vergl. Kap. I 5), der in der sinnlichen Wahrnehmung wurzelt, so bedeutet das, dass der Prozess des Verstehens chemischer Phänomene bei der Wahrnehmung der Stoffe und ihrem Erscheinen und Verschwinden aus der *Erste-Person-Perspektive* gesehen, beginnt.

Dann, im ***Verlauf des Unterrichts, kann der Prozess der eidetischen Reduktion stattfinden***, in dem Subjektives ausgeblendet, reduziert wird und im Gespräch in der Gruppe ein Verstehen$_3$, ein ausgehandeltes Verstehen als besondere Qualität der phänomenologischen Erkenntnis wächst. Die verschiedenen Kategorien, die Verständnisinhaltsklassen des betreffenden Gegenstandes, im vorliegenden Fall der *chemischen Reaktion*, werden in einem eigenen Kapitel (Vergl. Kap. V 2 und Kap. V 3) dieser Arbeit in einer phänomenographischen Analyse aufgezeigt.

Die Wagenscheinsche Didaktik weist, wie im theoretischen Teil dargestellt, einen Weg für die Anbahnung eines solchen vertieften Verstehens im Unterricht auf, indem sie den äußeren organisatorischen, räumlichen und zeitlichen Rahmen und die inneren methodischen, strukturellen und inhaltlichen Bedingungen bereitstellt.

Der Unterricht soll ein vertieftes Verstehen, also ein Verstehen ab Rangstufe III nach Wagenschein, d.i. ein *Verstehen als Realisation* nach Helmstad, von Chemie ermöglichen. Mit der Formulierung von Verstehen im oben beschriebenen Sinne als übergeordnetes Ziel trifft er die vom Chemielehrplan für die allgemeinbildenden Schulen für das Land Rheinland-Pfalz vorgeschriebenen Ziele[96]. Dazu müssen die im theoretischen Teil entwickelten Bestimmungsstücke des Begriffes des *Vertieften Verstehens* für den Chemieunterricht expliziert werden.

Im letzten Abschnitt wurde das Verstehen als die Qualität des Erkennens bereits einer phänomenologischen Reduktion unterzogenen Gegenstände beschrieben. Bezogen auf das Verstehen eines bestimmten Gegenstandes, in diesem Falle der Chemie, sollen nun die dabei gefundenen Perspektiven mit den der Chemie innewohnenden Besonderheiten verknüpft werden. Dabei wird zur Betrachtung exemplarisch (im wagenscheinschen Sinne) das Thema *Chemische Reaktion* herangezogen, das auch das Unterrichtsthema der Untersuchungssequenz ist.

***Die Begegnung mit einem chemischen Phänomen***
***Es geht dem Autor in diesem Abschnitt darum, die Unabdingbarkeit der Evidenz empirischer Erfahrungen als Grundlage für ein Verstehen chemischer Phänomene herauszustellen.***

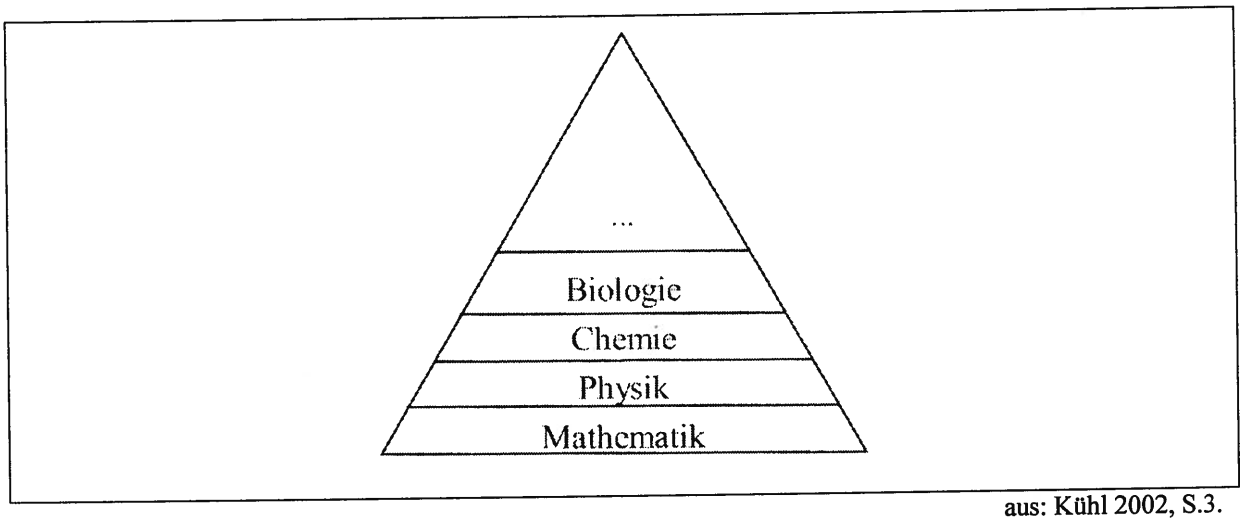
Im Abschnitt 5.1. wurde „verstehen" in einer ***ersten Näherung*** von „erfahren" abgegrenzt; „erfahren" beschreibt das Herstellen einer Begegnung zu einem Gegenstand und „verstehen" das Innehalten und innere Sich-Einlassen auf diese Begegnung.

Die Frage, welcher Art die Begegnung mit einem chemischen Phänomen sei, führt auf die Füllung des Begriffs *Chemie* zurück. Davon hängt im wesentlichen ab, welche ihrer Eigenheiten besonders in den Blick genommen werden müssen, will man im Unterricht die Bedingungen der Möglichkeiten eines Verstehensprozesses schaffen. Aus diesem Grunde wird im Folgenden auf diese Füllung des Begriffes *Chemie* und des Begriffes der *Chemischen Reaktion* mit ihren Bestimmungsstücken *Stoff, Element, Energie* und *Atom* eingegangen.

---

[96] Vergl.: „*Chemieunterricht: - vermittelt anhand der Kategorien Stoff, Reaktion, Energie, Wissen und Einsichten in die stoffliche Welt mit ihren Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten,*
*- führt zur Einsicht, dass zum Verstehen von stofflichen Eigenschaften und Veränderungen sowie auf dem Wege der Erkenntnisgewinnung über Stoffe Modellvorstellungen notwendig sind,*
*- entwickelt aus der Kenntnis über Stoffe Urteils- und Kritikvermögen sowie vertieftes Welt- und Selbstverständnis,*
*- befähigt dazu, lebenswichtige Stoffkreisläufe in Natur, Technik und Alltag sowie damit zusammenhängende industrielle und wirtschaftliche Abhängigkeiten mit ihren ökologischen Auswirkungen besser verfolgen bzw. Aussagen darüber besser beurteilen und Entscheidungen gegebenenfalls mitsteuern zu können,*
*- fördert den Erwerb von Kenntnissen und Fähigkeiten, die es ermöglichen, gesellschaftlich und technisch wichtige Anwendungsbereiche chemischer Produktion in ihrer Bedeutung zu erfassen, auftretende Probleme zu erkennen und Argumente bei der Diskussion ihrer Bewältigung abwägen zu können.*" (Zöller, Hubert (Hrsg.) o.J.)

***Die Stellung der Chemie in der Hierarchie der Wissenschaften***
Die Chemie findet sich in der von Gell-Mann vorgestellten Hierarchie der Wissenschaften (Vergl.: Gell-Mann 2000, S. 168ff), bei der die fundamentalere Disziplin immer unter der spezielleren liegt, oberhalb der Physik und der Mathematik:




aus: Kühl 2002, S.3.

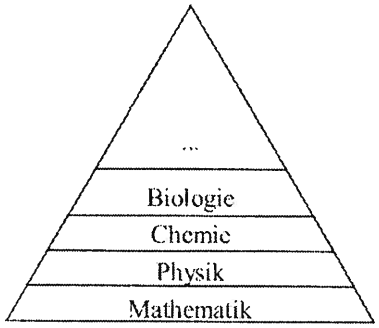
Dabei wird eine Wissenschaft A fundamentaler als Wissenschaft B genannt, wenn ihre Gesetze die Phänomene und Gesetze der Wissenschaft B umfassen und wenn der Geltungsbereich der Gesetze von Wissenschaft B einen eingeschränkteren Geltungsbereich haben als die von Wissenschaft A (Vergl.: Gell-Mann 2000, S. 170). Das bedeutet, dass die Gesetze und Phänomene der Chemie mit Hilfe der Quantenelektrodynamik (QED) erklärt und vorausgesagt werden können, da die Quantenelektrodynamik die beiden oben genannten Kriterien erfüllt, die sie auf eine fundamentalere, das heißt tiefere Ebene als die Chemie stellen (Vergl.: Gell-Mann 2000, S. 172f.).

Allerdings stellt sich in der Praxis dabei das Problem, dass sich bisher nur einfachste chemische Reaktionen durch die fundamentalere Quantenelektrodynamik beschreiben lassen und die reine Herleitung aus einer fundamentaleren Wissenschaft das Bereitstellen von Zusatzinformationen erforderlich macht. Deshalb werden die meisten chemischen Vorgänge, auch wenn sie theoretisch mit Hilfe der QED gedeutet werden könnten, mit Begriffen und Formeln der Chemie beschrieben. Das heißt, die Erkenntnis wird empirisch gewonnen und nicht durch Reduktion aus fundamentaleren Wissenschaften abgeleitet.
Dies zeigt sich zum Beispiel daran, dass über Elemente mit sehr kurzer Halbwertszeit, die somit im Labor fast nicht untersucht werden konnten, kaum Informationen über ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften vorliegen, obwohl doch ihre atomare Beschaffenheit genau bekannt ist. So findet man in der Beschreibung des Elements Astat kaum spezifische Aussagen über seine charakteristischen Eigenschaften:
*„Astat ist ein radioaktives Halogen, das etwas stärkere metallische Tendenzen hat als Iod. Da im Labor bisher nur extrem geringe Mengen hergestellt wurden und die Zerfallsraten so kurz sind, ist über seine chemischen und physikalischen Eigenschaften nur relativ wenig bekannt.“* (Kindler& Gliech 2006)

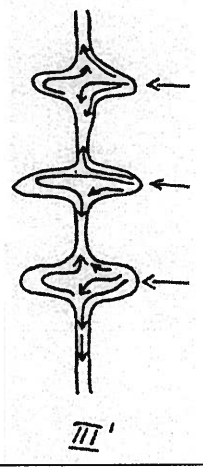
Die Chemie kann also nicht ohne die Evidenz empirischer Erfahrung auskommen. Der wissenschaftliche Diskurs knüpft obendrein an erlebte Welt an, kann sie aber nicht ersetzen oder ohne Bezug auf die primäre Welterfahrung, sei es eine mit den Sinnen wahrgenommene oder eine durch Messungen festgestellte, beschreiben.

Für das Verstehen von Chemie bedeutet das nun, fasst man Verstehen, wie beschrieben, als ein phänomenologisch fundiertes Verstehen auf, dass die Beschreibungen aus subjektiven Erfahrungen entstehen und nicht auf fundamentalen Erkenntnissen beruhen, also wird die Beschreibung des Ganzen betrachtet, und nicht die einzelnen Bestandteile.

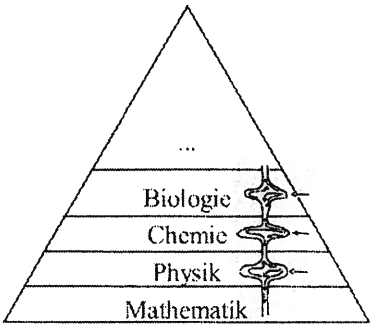
Ein vertieftes Verstehen von Chemie wird also zuallererst auf der Ebene der Chemie selbst – und dort bei den Phänomenen – stattfinden, und nicht als Ableitung aus einer fundamentaleren Ebene. Um dies zu verdeutlichen kann man die oben abgebildete Grafik zur Hierarchie der Wissenschaften und Wagenscheins Grafik III′ über die Bedeutung des Einstieges, wobei es bei Wagenscheins Graphik um die Darstellung eines Lernprozesses geht, in diesem Sinne kombinieren:




Hierarchiemodell der Wissenschaften
aus: Kühl 2002, S.3




Wagenscheins Graphik III'
aus: Wagenschein 1989a, S.30.




Kombination

Ein vertieftes Verstehen von Chemie wird also ermöglicht, wenn zunächst auf die Herleitung aus fundamentaleren Wissenschaften verzichtet wird (Vergl. auch: Wuchterl 1999) (Top-down-Verstehen im Gegensatz zum Bottom-up-Verstehen)[97].

Wenn also ein Verstehen von Chemie auf der Ebene der Chemie selbst beginnt und nicht auf der der Physik, stellt sich die Frage, welcher Art die Begegnung mit einem chemischen Phänomen sei. ***Klar wurde hier, dass sie nicht von einem physikalischen Phänomen abgeleitete und von etwaigen im Physikunterricht behandelten Begriffen, wie dem Atombegriff, ausgehende und im Vorfeld daher in ihren Deutungsmöglichkeiten kanalisierte Begegnung sein kann.***

Es stellt sich die Frage, wie der Gegenstand beschaffen ist, dem man sich im Wechselspiel aus Zuwendung und Aneignung nähert, und diese führt zwangsläufig auf die Füllung des Begriffs *Chemie* zurück.

***Definitionen der Chemie***

In diesem Zusammenhang führt Buck in seinem Artikel *„Warum, vielleicht, Chemie schwer zu verstehen ist"* (Buck 2006, S.3ff) drei historische Definitionen der Chemie aus den Jahren 1859, 1940 und 1998 an[98]. Die Zusammenschau dieser drei Definitionen zeigt den Wandel des vorherrschenden Verständnisses von dem, was Chemie sei, an. Begreift Kekulé im Jahre 1859 die Chemie noch im wesentlichen als eine Wissenschaft der stofflichen Metamorphosen, dessen essentieller Gegenstand der Wandel der Stoffe in der zeitlichen Dimension ist, so tritt bei Pauling 1940 schon der Aspekt das Stoffaufbaus gleichberechtigt an die Seite des Verwandlungsaspekts in den Fokus des Wissenschaftlers. Bei Frenkings Definition aus dem Jahr 1998 steht die molekulare Dimension des Stoffaufbaus als Grundlage für Verständnis und Manipulation der Stoffe im Vordergrund.

Allen drei Definitionen sind, in unterschiedlicher Gewichtung, zwei bestimmende Aspekte der Chemie gemein: der ganzheitliche Aspekt des Stofflichen und seiner Veränderung und der strukturelle Aspekt des inneren Aufbaus der Stoffe.

---

[97] Zur Verwendung der unterschiedlich gebrauchten Begriffe Top-down und Bottom-up als Termini für Verstehensprozesse vergl.: Kühl 2002.

[98] *Definition I (Kekulé 1859): „Chemie ist die Lehre von den stofflichen Metamorphosen der Materie. Ihr wesentlicher Gegenstand ist nicht existierende Substanz, sondern vielmehr ihrer Vergangenheit und ihre Zukunft. Die Beziehungen eines Körpers zu dem, was er früher war und zu dem, was er werden kann, bilden den eigentlichen Gegenstand der Chemie."*
*Definition II (Pauling 1940): „Die Chemie ist die Lehre von den Stoffen, von ihrem Aufbau, ihren Eigenschaften und ihren Umwandlungen, die andere Stoffe entstehen lassen."*
*Definition III (Frenking 1998): „Chemie ist die Wissenschaft vom Verstehen und Manipulieren der materiellen Welt in der molekularen Dimension."*
Buck 2006 S. 3.ff.

Auffällig hierbei sind zwei Entwicklungen, die Hand in Hand gehen: einmal die Entwicklung weg von der Betrachtung der stofflichen und hin zur Betrachtung der molekularen Ebene[99], zum anderen das Schwenken des Fokus weg vom Verwandlungsaspekt hin zum Erhaltungsaspekt[100]. Mit diesen Entwicklungen entfernt sich das, was unter Chemie verstanden wird, zunehmend von der Welt des sinnlich Erfahrbaren[101]. Damit ist die Chemie, wird sie so definiert, *„erfahrungsmäßig noch viel weiter von uns weg als die Physik"* (Buck 2007, S.5).

Die Begegnung mit einem chemischen Phänomen wurzelt in der sinnlichen Wahrnehmung, der Erfahrung und im selbstständigen Durchdenken erfolgt das Innehalten und innere Sich-Einlassen auf diese Begegnung. Beides, die eigene Erfahrung und das eigene Durchdenken, die Deutung dieser Wahrnehmung sind notwendige Bedingungen des Verstehensprozesses und für ihn konstitutiv. Ein Verharren in der sinnlichen Welt ohne systematische Deutung reduziert diese zum Zauberkasten unzusammenhängend nebeneinander stehender Erscheinungen. Ein Verzicht auf die Verbindung zur unmittelbar sinnlichen Erfahrung hingegen reduziert die Chemie auf ein *„pures Gedankengebäude, das auf der Annahme eines „andersweltlichen" Agens, dem Atom beruht"* (Buck 2007, S.2). Es besteht die Gefahr, dass die Chemie dadurch für Schülerinnen zu einer auswendig zu lernenden Formel- und Geheimwissenschaft[102] wird, deren Wissen nicht mehr zu einer sinnvollen Deutung natürlicher Phänomene genutzt werden kann.

Es geht an dieser Stelle nicht darum, eine neue Definition von Chemie zu finden, noch darum, die sinnliche Erfahrung gegen die Deutung chemischer Prozesse auf der molekularen Ebene zu stellen, sondern nur darum, den für das vertiefte Verstehen bedeutsamen aristotelischen Aspekt der *„Chemie als* **Stoffwechsel***wissenschaft"* wie Buck ihn nennt, nicht aus dem Auge zu verlieren und chemische Reaktionen weniger als Atomumgruppierungen zu sehen als vielmehr als Stoffwechselvorgänge im weitesten Sinne (Vergl.: Buck & Kranich 1995. S.88).

***Zusammenhänge chemischer Grundbegriffe – der Grundbegriffstetraeder***

In diesem Zusammenhang am besten geeignet, die zentrale Funktion des Reaktionsbegriffes, um den es hier gehen soll, in Bezug auf andere Grundbegriffe als ***eine*** Hierarchie des in der Chemie mit diesen Worten gemeinten, darzustellen, ist der von Buck und Müller (Rehm) vorgestellte Grundbegriffstetraeder, in dessen Zentrum die chemische Reaktion steht und der die Begriffe Element, Stoff, Atom und Energie miteinander verbindet:

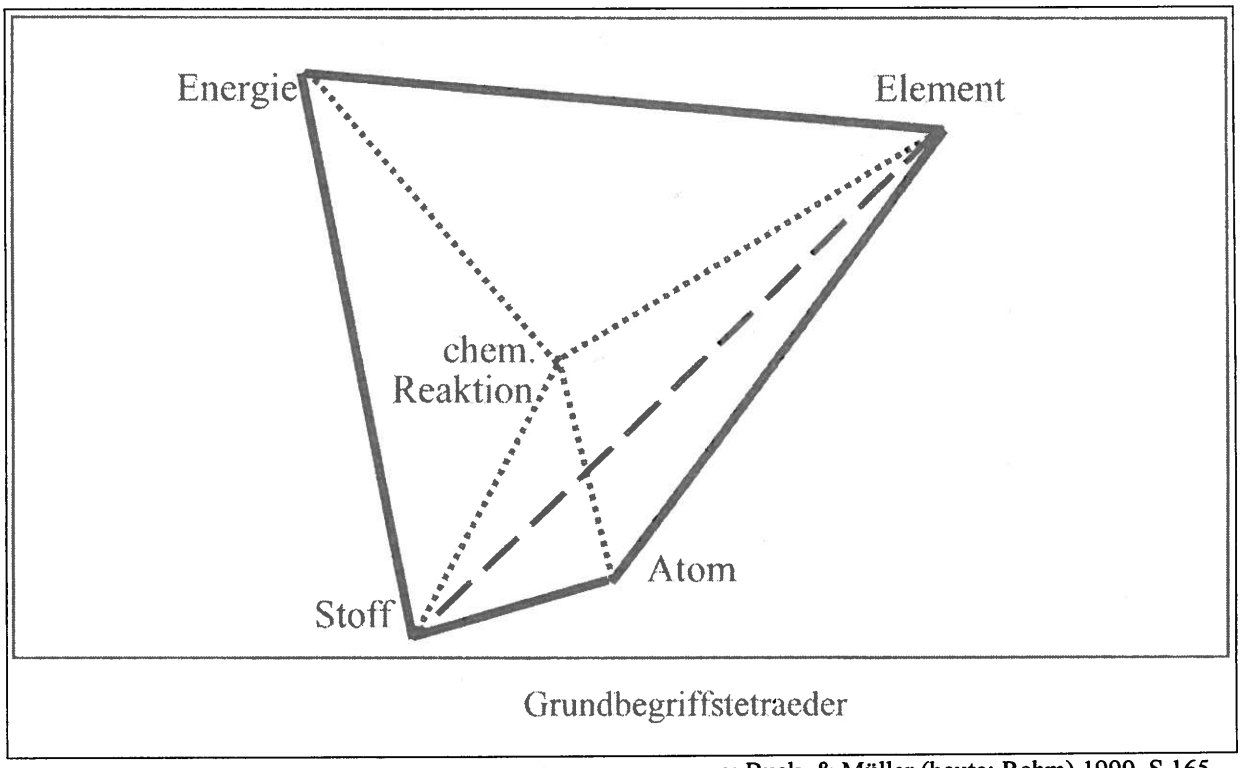
---

[99] Diese Entwicklung schlägt sich dann in Schulbüchern in der sehr frühen Einführung des Teilchenmodells nieder, zum Beispiel: Bäurle, et al. 2006, S. 45. oder Asselborn, Jäckel & Risch (Hrsg.) 2001, S.24.

[100] Zur Ausblendung des Prozessualen vergl.: Scharf 2004, S.9-25. sowie: Scharf 1996, S.134-144. sowie: Woyke 2004, S. 26-47.

[101] Vor dieser Entwicklung warnte Klaproth schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts: *" Wir müssen demnach ganz darauf Verzicht thun, die Natur a priori construiren zu wollen, wenn wir nicht alle Naturforschung zu Grunde richten wollen. Wir müssen fest an dem Satze halten, daß in die Naturkunde nichts aufgenommen werden darf, was nicht ein Gegenstand der Erfahrung ist, oder doch werden kann."* Klaproth 1807 zitiert nach: Priesner, 1982. in: Schönbeck, Charlotte (Hrsg.) 1982, S. 15.

[102] Wagenschein spricht in Bezug auf die Formeln von der *„Geheimsprache der Chemie"* vergl.: Wagenschein 1970 S.154.




aus: Buck, & Müller (heute: Rehm) 1999, S.165.

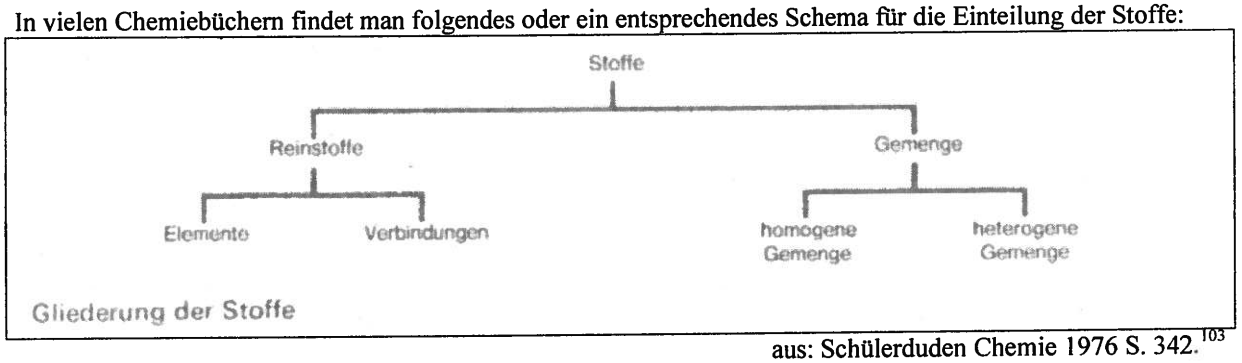
Im Zentrum der Tetraeders steht der Begriff *Chemische Reaktion*; die anderen Begriffe stehen im selben Abstand von ihm, sie sind gleichsam seine Bestimmungsstücke.

In der in dieser Arbeit untersuchten Unterrichtssequenz geht es vor allem um die Begriffe „chemische Reaktion", „Stoff" und damit zusammenhängend, auch wenn dieser Begriff explizit im Unterricht an dieser Stelle noch gar nicht fallen muss, um den Elementbegriff. Daher soll sich die Betrachtung des *Vertieften Verstehens* von Chemie auch auf diese Begriffe beschränken:

***Stoffe***

Materie, die zum einen bestimmt ist durch ihre charakteristischen Eigenschaften, in denen sie in Erscheinung tritt, zum anderen durch ihre Struktur auf der molekularen Ebene. Zu den charakteristischen Eigenschaften eines Stoffes gehören Schmelz-, Siede- und Sublimationspunkt bzw. Tripelpunkt bei gegebenem Druck (meist 1013 mbar) (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 15). Bei der Umwandlung in andere Aggregatzustände ändert sich die atomare Zusammensetzung der Stoffe nicht, der Stoffbegriff wird, wie Buck und Rehm es nennen *„nach dem Muster der ‚Erhaltung in der Verwandlung' gebildet"* (Buck & Rehm 2007, S. 24), die Umwandlung ist reversibel. Eigenschaften wie Farbe, elektrische Leitfähigkeit und Dichte können variieren und sind daher für die Charakterisierung nicht geeignet (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 15).

In vielen Chemiebüchern findet man folgendes oder ein entsprechendes Schema für die Einteilung der Stoffe:



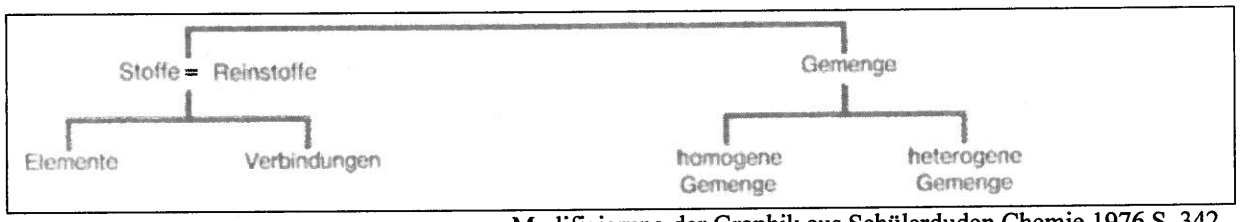

aus: Schülerduden Chemie 1976 S. 342.[103]

[103] oder auch Bäurle, et al. 1997: S. 44. oder Schuphan & Knappe 1993, S.21.

Auffällig hierbei ist die Verwendung des Wortes Stoff in zwei Bedeutungen. In der obigen Definition des Stoffbegriffs wird ein Stoff durch seine Eigenschaften bestimmt; jeder Stoff hat demnach eine für ihn charakteristische Eigenschaftskombination. Diese Bedeutung trifft in der Graphik jedoch nur auf *„Reinstoff"* zu, ein Gemenge hat, von azeotropen Gemischen abgesehen, meist keinen einheitlichen Schmelz- oder Siedepunkt. Trotzdem wird ein Gemenge in der Graphik als ein Stoff angesehen, obwohl es, nach der Definition, aus zwei oder mehreren Stoffen besteht. Das Wort *Stoff* steht also einmal für den reinen Stoff, und zum anderen für alles, was mir stofflich gegenübertritt, also auch für ein Gemenge wie zum Beispiel Luft oder Milch. Diese begriffliche Unschärfe kann im Verstehensprozess zu Schwierigkeiten führen.

Ferner ist in diesem Schema nur ***ein Aspekt des Elementbegriffes***, nämlich die Boylesche Vorstellung vom letzten Glied einer Kette von 1→ 2 – Reaktionen enthalten, ***nicht aber***, die Lavoisiersche Vorstellung des Elements als ***principe*** (vergl. unten den Abschnitt über den Elementbegriff). Auch in dieser Hinsicht kann diese schon oft im Vorfeld des zu behandelnden Reaktionsbegriffes implizite Festlegung auf einen Aspekt des Elementbegriffs zu Schwierigkeiten im Verstehensprozess führen, ***weil nämlich gerade der Verzicht auf das Vorwegnehmen nicht erfolgt.***

Führte man die Identifikation von Stoff und Reinstoff konsequent weiter, so müsste obige Graphik folgendermaßen modifiziert werden:




Modifizierung der Graphik aus Schülerduden Chemie 1976 S. 342.

Allerdings stellt diese Modifikation einen Reduktionsprozess dar, denn bei dieser Darstellung geht ein wesentlicher Aspekt verloren: der Aspekt der Sphäre der unmittelbaren Evidenz. Als Stoff wird nicht mehr das bezeichnet, was mir unmittelbar stofflich begegnet, sondern dieser Definition wohnt ein Denkakt inne, der die Betrachtung schon von vornherein kanalisiert: die Unterscheidung in reine und gemischte Stoffe. Für den Verstehensprozess wie er oben beschrieben wurde, ist jedoch das vorsprachliche sinnliche Erleben, das Verstehen$_1$, von zentraler Bedeutung, daher soll hier von einem phänomenologischen Stoffbegriff, wie er von Jens Soentgen beschrieben wird, ausgegangen werden, der diesen Aspekt mit einbezieht.

Soentgen fasst in seiner phänomenologischen Definition als Stoff das auf, was mir stofflich gegenübertritt (Vergl.: Soentgen 1999, S.97-221). Damit umfasst der Begriff *Stoff* zum einen Naturstoffe, die fast immer Gemische sind, und die von den meisten stofflichen Beimengungen, aber auch von fast allen struktürlichen[104] und stoffgeschichtlich gewachsenen Inhalten gereinigten sterilen Laborpräparate, wie sie in jeder Chemikaliensammlung vorgefunden werden, die aber auch in reinster Form (p.a.) nicht den „idealen" Reinstoff darstellen.

Um den Stoffbegriff zu definieren verzichtet Soentgen auf eine deduktive Methode, die dem Muster *„obere Gattung + spezifische Differenz"* (Soentgen 1999, S. 202) folgt, sondern orientiert sich an der phänomenologischen beschreibenden Definition, die von leicht zugänglichen Erscheinungen ausgeht. So kommt er zu sechs Kriterien (Vergl.: Soentgen 1999 S. 203ff.), die jedes für sich eine notwendige und alle zusammen eine hinreichende Bedingung für eine exakte[105] Beschreibung des Begriffes *Stoff* darstellen:

Stoffe sind portionierbar
Damit ist gemeint, dass Stoffe, innerhalb eines gewissen Größenbereichs, so wie sie mir erscheinen, in Portionen geteilt werden können, von denen jeder das Ganze enthält.

1. Stoffe sind Gebilde
   Damit ist gemeint, dass Stoffen, nicht nur Feststoffen, gewisse Strukturen eigen sind, das heißt, dass sie danach streben, diese Strukturen auszuformen. Dafür wurde oben der das Wort „struktürlich" verwendet.

[104] Hier wird absichtlich das Kunstwort „struktürlich" im Sinne von „der ihm eigenen Struktur beinhaltenden" verwendet, im Unterschied zu „strukturell" im Sinne von „eine bestimmte Struktur aufweisend", das eine Struktur beschreibt, die auch ein anderer Stoff aufweisen könnte. Vergl.: Wermke et al. (Hrsg.) 2001.
[105] Dabei folgt er der von Buck vorgenommenen Unterscheidung zwischen „exakt" und „präzis" vergl. Soentgen, 1999, Fußnote 4 auf. S. 200.

2. Stoffe sind materiell
Damit ist gemeint, dass ein Stoff wägbar ist, dass er eine hohe sinnliche Komplexität besitzt und dass er die menschlichen Handlungsmöglichkeiten befördert oder einschränkt (z.B. er ist giftig oder nicht) (kausale Relevanz).

3. Stoffe haben Neigungen
Damit ist gemeint, dass Stoffeigenschaften keineswegs nur statisch sind, sondern, dass Stoffe danach streben, ein bestimmtes Verhalten[106] an den Tag zu legen, zum Beispiel, bestimmte Formen anzunehmen, sich im Raum zu verteilen und ähnliches.

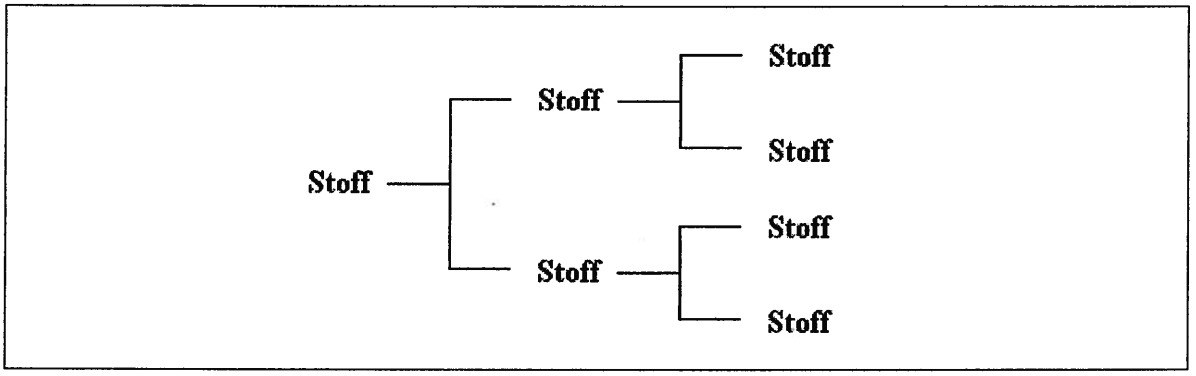
4. Stoffe kommen vor
Damit ist gemeint, dass Stoffe in den *„größeren Zusammenhang der Natur eingebunden"* (Soentgen 1999, S. 212) sind, indem sie nicht wie mit der Gießkanne verteilt gleichmäßig verstreut auftauchen, sondern, dass sie ihren Neigungen entsprechend, an bestimmten Orten vorzugsweise auftreten. Soentgen verwendet sogar das Wort *„Lokalkolorit"* (Soentgen 1999, S. 213).

5. Stoffe sind natürliche Arten
Damit ist gemeint, dass Stoffe keine Abstrakta sind, sondern apriorische Einheiten, die nicht dem Denken der Menschen entspringen, sondern ihm vorliegen.

Soentgens' phänomenologische Definition ist eine allgemeine, das heißt sie fasst allen Stoffen gemeinsame, allgemein leicht zugängliche Erscheinungen zusammen. Noch einen Schritt dichter am unmittelbaren sinnlichen Erleben fassen Rehm und Rozumek am Beispiel des Atmens den Stoff Luft einmal als Prozess und einmal als Produkt auf.[107] Durch die Betrachtung dessen, was der Stoff „ für mich" ist oder bedeutet, konstituiert sich eine Beziehung, die mich nicht nur den Gegenstand sondern auch mich selbst verstehen lässt.

***Element***
Dieses Wort ist äquivok und zwar in dreifacher Hinsicht (Vergl. u.a.: Rehm & Rozumek 2007, S. 8f.):

1. Robert Boyle bezeichnet damit einen Reinstoff, der nicht mehr durch eine Analyse zerlegt werden kann, also der das letzte Glied in einer Kette von 1-2 Reaktionen ist:




2. Antoine Lavoisier fasst als Element das *principe* auf, das bei einer chemischen Reaktion erhalten bleibt (u.a. auch Massenerhaltung). Dieser Elementbegriff bezieht sich nur auf die Erhaltung im Wandel, noch nicht auf die Atome.
3. Nach IUPAC bezeichnet „Element" das Vorhandensein einer bestimmten Atomsorte in einer Verbindung (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 16), beispielsweise bei der Frage „Aus welchen Elementen besteht Kochsalz?"

Aus diesem Grund soll im Folgenden einmal von elementaren Stoffen, zum anderen von Atomen beziehungsweise von Atomsorten gesprochen werden.

---

[106] nicht im biologischen Sinne sondern eher in dem Sinne „die Tendenz, sich in eine bestimmte Richtung zu bewegen"

[107] *„Denn Luft kann als Ding und als Prozess erlebt werden. Der geläufige* Begriff *„Luft" aber(...) vereinigt mindestens zwei unterschiedliche Erfahrungen, die in ihrem Auftreten nicht unterschiedlicher sein könnten, erst zu* einer einzigen *„Sache".* " Rehm & Rozumek 2007, S.11.

***Chemische Reaktion***
Eine chemische Reaktion ist ein Prozess, bei dem Stoffe irreversibel[108] umgewandelt werden, das heißt, dass die Edukte mit ihren charakteristischen Eigenschaften verschwinden und sich neue Stoffe mit neuen Eigenschaften bilden, die Reaktionsprodukte. Die beteiligten Elemente (Atomsorten) bleiben dabei erhalten; eine chemische Reaktion wird auf der atomaren Ebene als eine Atomumgruppierung gedeutet.
Legt man die oben beschriebene phänomenologische Stoffdefinition zu Grunde, so ergibt sich vor allem aus den beiden Punkten 4 und 5, nämlich, dass Stoffe Neigungen besitzen und dass Stoffe in den größeren Zusammenhang der Natur eingebunden sind, ein Blick auf die chemische Reaktion als Stoffwechsel einmal im natürlichen Stoffkreislauf und einmal im Herausreißen aus dem natürlichen Stoffkreislauf (Vergl. u.a.: Rehm & Rozumek 2007, S. 15ff.). Die Bedeutung einer chemischen Reaktion, in diesem Falle der Verbrennung, für mich kann als die Verwandtschaft der Verbrennung zu meinem Atmungsprozess gedeutet werden.

Diese Begriffsbestimmungen sind jedoch gerade beim Begriff *Chemische Reaktion* nicht immer konsequent durchzuhalten. Buck und Rehm zeigen auf, dass die theoretische Sinnzuweisung (Begriffsdefinition) zur erlebten Sinneserfahrung nicht immer eindeutig ist (Vergl. Buck & Rehm 2007, S. 25f.).

***Atom***
Ein Atom ist ein aus Elementarteilchen zusammengesetztes Gebilde. Es gibt so viele verschiedene Atomarten, wie es chemische Elemente gibt, dabei werden die verschiedenen Isotope, die sich durch die Anzahl der Neutronen unterscheiden, aber die gleiche Protonenanzahl besitzen, einer Atomart zugerechnet. Atome haben nicht die gleichen Eigenschaften wie die Stoffe (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 16). Die Sphäre des unmittelbaren Erlebens ist ihnen verschlossen, sie sind *„abbildungslos"* und können daher lediglich *„gedacht"* werden (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 106) daher ist für den Vorstoß in die *„Andersweltlichkeit der Atome"* (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 14) ein Willensakt notwendig.

***Energie***
Energie kann betrachtet werden als die Fähigkeit eines Systems, Arbeit zu verrichten. Dabei gibt es verschiedene Energieformen, zum Beispiel mechanische Energie, thermische Energie, elektrische Energie, magnetische Energie, chemische Energie, Kernenergie, die weitgehend ineinander umgewandelt werden können. Die zum Auslösen einer chemischen Reaktion benötigte Energie wird als Aktivierungsenergie bezeichnet. Die energetische Betrachtung chemischer Vorgänge im Unterricht erschöpft sich oftmals in wenig mehr als der Etikettierung einer chemischen Reaktion als *„exotherm"* und *„endotherm"* (Vergl. z.B.: Bäurle et al.1997, S. 43). Dadurch, dass die meisten Energieformen der sinnlichen Wahrnehmung weitgehend verborgen bleiben, stellt sich im Unterricht die Frage der Erschließung des Energiebegriffs; Scheler hat in diesem Zusammenhang den Ansatz *„Energie als Tauschwert"* vorgeschlagen (Vergl.: Scheler 2004, S. 67-87).

## *Beleuchtung des Begriffes Chemische Reaktion aus verschiedenen Perspektiven*

Die zwei Grundbegriffe *Atom* und *Energie* müssen in einer je eigenen Unterrichtssequenz, die nicht Gegenstand dieser Arbeit ist, behandelt werden (Vergl.: Buck & von Mackensen 2006, S. 191).

Über die Kanten des Tetraeders chemischer Grundbegriffe ist jedes der Bestimmungsstücke mit jedem anderen verbunden, auch wenn die vordere Kante des Tetraeders zwischen „Atom" und „Energie" – wohl aus Gründen der Übersichtlichkeit – nicht eingezeichnet ist. So wird der Begriff Chemische Reaktion durch die zentrale Stellung zu einem mehrdimensionalen Gegenstand, der aus verschiedenen möglichen Perspektiven beleuchtet werden kann:

1. Die atomare Perspektive: Aus dieser Perspektive erscheint die chemische Reaktion als eine Atomumgruppierung: der Fokus der Betrachtung liegt in der atomaren Beschreibung der Edukte und der Produkte im Sinne eines VORHER-NACHHER-Vergleichs. Es ist eine eher statische Perspektive, die weniger den Prozess als die Zustände zu Beginn und am Ende des Prozesses in den Blick nimmt.

[108] Damit ist nicht der Ausschluss einer Rückreaktion gemeint, die unter bestimmten Bedingungen stattfinden kann, sondern dass ein entgegengesetzter Vorgang durch Umkehr der Bedingungen (zum Beispiel durch Abkühlen, wenn für die Reaktion ein Erhitzen notwendig war) nicht zu den Edukten zurückführt, sondern unveränderte Reaktionsprodukte hinterlässt.

2. Die energetische Perspektive: Aus dieser Perspektive erscheint die chemische Reaktion als energetischer Prozess, während dessen verschiedene Energieformen ineinander übergehen. Meist wird, wie erwähnt, dieser Prozess im Unterricht auf die bloße Fokussierung auf die Energiedifferenz der Edukte und der Produkte verengt, indem nur der Frage nachgegangen wird, ob es eine exotherme oder eine endotherme Reaktion ist.
3. Die stoffliche Perspektive: Aus dieser Perspektive erscheint die Chemische Reaktion als eine Verwandlung: die Edukte verschwinden in einem Prozess, der sich manchmal sinnlich wahrnehmbar äußert in Form von Leuchten oder Glühen oder Knallen, manchmal jedoch überhaupt nicht beobachtbar ist. Am Ende dieses Prozesses erscheinen die Produkte. Sie werden als aus den Edukten entstandene Stoffe gedeutet.
4. Die Element-Perspektive: Aufgrund der oben getroffenen Unterscheidung muss es an dieser Stelle heißen:
   a. Die Perspektive der elementaren Stoffe
      Aus dieser Perspektive erscheint die chemische Reaktion als ein die elementaren Stoffe freilegender Prozess (Analyse), beziehungsweise als ein die elementaren Stoffe einbindender Prozess (Synthese).
   b. Die Perspektive der *„principes"*
      Aus dieser Perspektive erscheint die chemische Reaktion als ein Prozess, der an ganz bestimmte Gesetze gebunden ist, die die Eigenschaften der Edukte und Produkte dadurch bestimmen, dass da etwas ist, das in der Verwandlung, die ich wahrnehmen kann, erhalten bleibt. Dies zeigt sich auch daran, dass die Summe der Massen der Edukte und die Summe der Massen der Produkte gleich ist.
   c. die Perspektive der Atomsorten.
      Aus dieser Perspektive erscheint die chemische Reaktion als ein Prozess der Umgruppierung, von dem die Atomsorten selbst seltsam unberührt bleiben.

   Durch diese Unterscheidung werden die unterschiedlichen *erfahrungsmäßigen* Entfernungen der einzelnen Perspektiven besonders deutlich. Die Vermischung dieser drei Perspektiven zu einer schwammigen Element-Perspektive verwischt auch einige Schwierigkeiten während des Verstehensprozesses.

Begreift man, wie beschrieben, Verstehen als einen Prozess von Zuwendung und Aneignung, der in der sinnlichen Wahrnehmung wurzelt, so heißt das, um im Bild des Grundbegriffstetraeders zu bleiben, dass das Verstehen bei der Wahrnehmung der Stoffe in der Sphäre der unmittelbaren Evidenz beginnt. Ein Stoff ist für mich das, was mir, vor jeder Systematisierung, vor jeder Benennung, stofflich gegenübertritt (verstehen$_1$). In diesem Sinne ist Milch für mich ein Stoff ebenso wie Schwefel, Kupfer, Eisen, Zellulosewatte, Zucker, Salz und so fort. Die Unterscheidung von Reinstoff und Gemisch hat noch nicht stattgefunden, ebenso wenig wie die Entscheidung, flüssiges Wasser, Eis und Wasserdampf als einen Stoff aufzufassen. So begriff beispielsweise ein jugendlicher Experimentator plastischen Schwefel (μ-Schwefel) zunächst als einen neuen eigenständigen Stoff, der technisch als Kautschukersatz verwendet werden könne (Vergl.: Raaf (Römpp/Raaf) 1980, S. 123). Beiden Entscheidungen, sowohl der Unterscheidung von Reinstoff und Gemisch als auch der, die in unterschiedlichen Aggregatzuständen auftretenden Stoffe als einen Stoff zu begreifen, geht einen Willensakt voraus (Volition$_1$).

Beim Beobachten einer chemischen Reaktion nehme ich als Beobachter das Verschwinden und das Erscheinen von Stoffen wahr, und zwar nicht nur visuell, sondern auch oftmals mit allen anderen Sinnen - ich rieche den charakteristischen Geruch eines entstehenden Gases, zum Beispiel Schwefelwasserstoff, ich höre ein jaulendes Pfeifen bei der Knallgasprobe und so fort. Aus diesem Grund trifft hier eher das Wort Wahrnehmung an Stelle der rein visuellen Beobachtung das Gemeinte.
Damit ist eine *Einsicht* gewährleistet (und führt zu einem Verstehen der Rangstufe III nach Wagenschein), dass das worüber wir reden einmal mit meinen eigenen Worten formuliert wird und damit in meinem eigenen vorsprachlichen Erleben wurzelt.

Durch eigene und ausgehandelte Deutung dieser Wahrnehmung (verstehen$_2$ und verstehen$_3$) wird die Vielfalt der Erscheinungen systematisiert. An dieser Stelle liegt die Gefahr verborgen, die Systematisierung zu früh im Hinblick auf die atomare Komposition zu kanalisieren. Man übergeht dadurch die Lavoisiersche Stufe der „principes", das heißt dessen was während der chemischen Reaktion erhalten bleibt, ohne sofort eine Vorstellung von kleinen Kügelchen oder ähnlichem zu postulieren.
Aus der Betrachtung der Zahlenverhältnisse der reagierenden Stoffe kann dann über den Begriff der Stoffportion unter Verzicht auf ein anschauliches Teilchenmodell der Sprung zu den Atomen vollzogen werden.[109]

---

[109] Seilnacht hat diesen Weg an Hand der Reaktion von Kupfer mit Schwefel folgendermaßen beschrieben: *„Dieser Versuch stellt dann den Ausgangspunkt für eine Einführung in die Fachsprache der chemischen*

Mit diesem Weg kann eine Kontinuität im Verstehensprozess ermöglicht werden, ohne dass die inhaltliche Diskontinuität (der *Sprung* in die *Andersweltlichkeit* der Atome) durch vermeintlich anschauliche Modelle (Kugelmodell) verschleiert wird.

Aus diesem Grund empfindet der Autor die Formulierung von Rehm et al., dass die atomare Deutung dem Verstehen vorgeschaltet sei[110], als etwas problematisch, denn durch die verfrühte Fokussierung des Blicks auf die atomare Perspektive kann eine Verengung im Verstehensprozess stattfinden, die zu einem Verharren auf der Wagenscheinschen Rangstufe II (nur technisch, verfügend, bedienend) führen kann. Es geht dann nicht mehr darum, den Bezug zur eigenen sinnlichen Wahrnehmung herzustellen, sondern nur noch darum, Atomumgruppierungen im Kontext der konventionellen Theorie richtig zu beschreiben, das heißt, Reaktionsgleichungen korrekt aufzustellen und auszugleichen sowie stöchiometrische Berechnungen einwandfrei durchzuführen.
Der Autor schlägt daher die alternative Formulierung vor: *„Die atomare Deutung ist ein konstitutiver Bestandteil des Verstehensprozesses."*

***In dieser Arbeit geht es dem Autor darum, genau an dieser Stelle, also unter Verzicht auf Einführung eines anschaulichen Teilchenmodells die phänomenographischen Kategorien des Begriffes „Chemische Reaktion" der Schülerinnen zu beschreiben, um dadurch die Bedingungen der Möglichkeiten eines Verstehensprozesses, der ein vertieftes Verstehen zum Ziel hat, auszuloten.*** Erst danach wird im Unterricht der Atombegriff eingeführt und zwar auf dem von Seilnacht beschriebenen Weg.

### *Konstitution eines chemischen Phänomens*

In der ***zweiten Näherung*** (S.83ff.) wurde der Verstehensbegriff in der Phänomenologie Husserls begründet, das *Verstehen* bedeutet die Qualität des Erkennens der bereits einer Epoché d.i. einer phänomenologischen Reduktion, unterworfenen Gegenstände durch die den vorgefassten Urteilen über die äußere Welt die Geltung entzogen wird. Zu diesen vorgefassten Urteilen gehört nach Wuchterl auch das angelernte Wissen aus den Wissenschaften wie zum Beispiel die Atomtheorie[111].
Damit konstituiert sich das Verstehen eines chemischen Phänomens wurzelnd in der sinnlichen Wahrnehmung als eine Beziehung zwischen Person und Gegenstand. Im Wechselspiel zwischen Zuwendung und Aneignung baut sich diese Beziehung als eine Horizonterweiterung auf. Der Gegenstand ist ein Natur- beziehungsweise ein Laborphänomen, dabei spielt das Experiment eine wichtige Rolle.

---

*Reaktionsgleichungen dar. Auch hier verzichte ich auf einen Teilchenmodell. Ich verwende zunächst den Begriff der Stoffportionen. Eine bestimmte Stoffportion Schwefel reagiert mit einer bestimmten Stoffportion Kupfer zu einer bestimmten Stoffportion Kupfersulfid. An dieser Stelle fällt zum ersten Mal der Begriff „Atom". Ich verwende ihn ganz bewusst aus heiterem Himmel, sozusagen deus ex machina. Ich führe die Forme sprache ein und sage: ein Schwefelatom S reagiert mit zwei Kupferatomen 2Cu zu einem „Atomverband " $Cu_2S$, bestehend aus zwei Kupferatomen und einem Schwefelatom. Die Schüler stellen sich dann die Atome stückweise und einzeln im Schwefel und im Kupfer vor und „dass sie sich irgendwie zusammentun ". Und das ist legitim, denn Atome sind* individuell *und* zählbar. *Und diese Eigenschaft wird Ihnen nicht durch ein Teilchenmodell verdeutlicht, sondern durch die mathematisch präzise Formelsprache."* Buck, Rehm & Seilnacht. 2004, S. 68.

[110] *„**Chemie:** Ich schaue auf Stoffe und Stoffumwandlungen; ich verknüpfte Stoffe durch Reaktionsgleichungen; ich systematisierende die Vielfalt durch Blick auf die atomare Komposition und atomare Konstellation; die atomare Deutung ist dem Verstehen vorgeschaltet."* Rehm, Bünder, Haas, Buck, Labudde, Brovelli, Østergaard, Rittersbacher, Wilhelm, Genseberger & Svoboda 2008. S.115.

[111] Kurt Wuchterl beschreibt fünf Bereiche, die bei der phänomenologischen Reduktion ausgeblendet werden:

1. *„angelerntes Wissen aus den Wissenschaften (...) (vgl. die Atomtheorie, die formale Logik, die Metaphysik)*
2. *alles aus der Tradition übernommene*
3. *was dem betrachteten Objekt nur aufgrund seiner Beziehung zu meiner Person zugeschrieben, aber von anderen nicht nachprüfbar ist*
4. *beliebige Elemente, die auch anders sein können(...)*
5. *(...) die objektive Existenz des Erlebten (...)"*

vergl.: Wuchterl 1999.

***Es geht dem Autor an dieser Stelle darum, die Besonderheit der Unmittelbarkeit des Phänomens, von der Wagenschein spricht, auf die Begegnung mit einem chemischen Phänomen zu übertragen.*** Vielerorts besteht die Auffassung, dass in der Chemie objektive Daten durch Beobachtung eines Experiments oder der Natur selbst erworben werden und daraus eine Theorie abgeleitet wird. Im Unterricht erwächst dann die vermeintliche Erkenntnis induktiv aus dem Experiment. Beispielsweise findet man in aktuellen Schulbüchern Aussagen wie:
*„Wie Naturwissenschaftler arbeiten: Von der Beobachtung zur Theorie"* (Asselborn, Jäckel & Risch (Hrsg.). 2001, S.14).
oder
*„Der Versuch wird als Thema oder Fragestellung formuliert. (...) Die Auswertung erhält man aufgrund der Versuchsbeobachtungen. Sie besteht häufig aus einer allgemeinen Formulierung oder einer Gesetzmäßigkeit."* (Bäurle, Wolfram u.a. 2006, S. 24).

Diese Vorgehensweise birgt die Gefahr, dass im Unterricht Experimente durchgeführt werden, die nur in Kenntnis ihres Ergebnisses seitens des Lehrers durchgeführt werden können, und so für Schüler der Vorgang unverständlich bleiben muss: *„Der Schüler denkt, Naturwissenschaftler fänden Gesetze durch Beobachtung. Die Wahrheit und das Faszinierende ist aber - und dies wird dem Schüler vorenthalten - dass das Fallgesetz erkannt werden konnte gerade ohne Experimente im Vakuum, durch spekulatives Denken, durch Abstrahieren von der Beobachtung, gegen die offensichtliche Erfahrung."* (Pukies 1979, S.18).

Nach ***Ansicht des Autors muss an dieser Stelle eine Unterscheidung zwischen Natur- und aber auch Laborphänomen einerseits und zielgerichtetem Experiment*** andererseits gemacht werden.[112] Begreift man den Verstehensprozess als ein Wechselspiel von Zuwendung und Aneignung, schließt dies den Fall ein, dass das Neue erst einmal als etwas Anderes, das nicht der Erwartung entspricht, aufgefasst wird. Dies wurde oben als Horizontabhebung, die der Horizontverschmelzung vorausgeht, beschrieben. Ein Natur- aber auch ein Laborphänomen, das dieses Kriterium erfüllt, das ein Staunen hervorrufen kann, kann zum Initiationsexperiment[113] eines Verstehensprozesses werden.

Pukies' Warnung bezieht sich nach Auffassung des Autors eher auf zu eng gefasste, zielgerichtete Experimente, die das Denken zu früh in eine ganz bestimmte Richtung kanalisieren. Er führt das Beispiel an, dass am Anfang der Behandlung des Fallgesetzes in Physikunterricht ein Blatt und eine Kugel in einer evakuierten Röhre fallen gelassen werden und somit die Lösung des Problems quasi vorgegeben ist.

Die Möglichkeit des Verstehens erwächst aus der sinnlichen Begegnung mit dem Gegenstand, dem Beobachten eines Natur- oder Laborphänomens und dem Nachdenken über beobachtete Phänomene. Die Rolle zielgerichteter Experimente ist es dann, die Ergebnisse des Denkprozesses zu bestätigen oder zu falsifizieren.

### *Aggregatzustände und Tiefendimension/Rangstufen des Verstehens von Chemie*

In der ***dritten und vierten Näherung*** wurden: die Aggregatzustände des Verstehens nach Buck, die auf der Beziehungsebene basieren und die Tiefendimensionen des Verstehens nach Wagenschein, Helmstad, Walter und Rehm betrachtet.

Buck unterscheidet zwischen

1. Verstehen$_1$, dem vorsprachlichen, reinen sinnlichen Erlebnis, und auch schon der Prozess des individuellen gedanklichen Durchdringens.
2. Verstehen$_2$, dem In-Worte-fassen dieses Erlebnisses,
3. Verstehen$_3$, dem generalisierenden ausgehandelten Verstehen in der Gruppe.

---

[112] Eine solche Unterscheidung beschreibt Flörke in ähnlicher Form schon 1951. Er differenziert zwischen drei Bedeutungen des Experiments: einmal als Ausgangspunkt der Betrachtung, dann als Überprüfung eine Hypothese und schließlich als Bestätigung und Einprägung. Vergl.: Flörke 1951, S. 21.
[113] Der Begriff der Initiation ist im Kapitel I 4 ausführlich erläutert.

***Diese Unterscheidung zeigt den Weg dessen, was während des Verstehensprozesses im Unterricht beim einzelnen Individuum geschieht, auf und zeichnet damit die Phasierung der einzelnen Unterrichtsstunden vor:***

Der Lehrer soll:

- Ein reines sinnliches Erleben des Phänomens ermöglichen (also möglichst im Schülerexperiment)
- Allen Schülerinnen Zeit für ein eigenes In-Worte-Fassen dieses Erlebnisses, möglichst auch im Dialekt, einräumen
- Ein in der Gruppe ausgehandeltes Ergebnis statt eines vorgegebenen Merksatzes anstreben.

Als Beispiel für eine leibliche Erfahrung des Chemischen beschreibt Buck die unterschiedlichen Geschmacksempfindungen von Kochsalz- beziehungsweise Kaliumchloridlösungen steigender Konzentration[114] über geschmacklos und süß zu salzig beim Kochsalz und süß über bitter und salzig zu salzig, bitter, sauer.[115]
Als weitere Beispiele führt Buck an:

1. Farbwechsel
2. Ausdehnungen und Verdichtungen
3. Erscheinen und Verschwinden von Wärme
4. auf Änderungen in der Wärmeleitfähigkeit
5. auf leichte Wandelbarkeit beziehungsweise Formbeharren

Bucks Aufzählung kann, nach Auffassung des Autors, noch um folgende Punkte erweitert werden:

6. Entstehung oder Veränderung von Gerüchen
7. Lichtblitze, Leuchten, Glühen usf.
8. Geräusche, wie zum Beispiel das Zischen beim Auflösen einer Brausetablette im Wasser oder eines Natriumsstückes in Wasser oder bei der Reaktion von Aluminium mit Brom
9. ...

Für das Beispiel der Reaktion von Kupfer und Schwefel heißt das, dass die Sinneserfahrung, (Sinne$^{(a)}$) die zum mögliche ***Verstehen$_1$*** führt, folgendermaßen aussehen kann:

In einem Reagenzglas werden bis zu einer Höhe von etwa 2cm, nicht mehr, Schwefelpulver eingefüllt und darüber ein längliches blankes Kupferblech gestellt. Der Versuch ist auch durchführbar und noch die sinnliche Wahrnehmung noch eindrucksvoller, wenn das Kupferblech oberhalb des Schwefels festgesteckt wird, so dass er das Schwefelpulver nicht berührt (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 67). Nun wird langsam mit kleiner Flamme erhitzt. Nach kurzer Zeit schmilzt das Pulver und wird zu einer gelben dünnflüssigen Flüssigkeit, die einen leicht anderen fahleren Farbton hat als das Pulver. Diese Flüssigkeit ändert ihre Farbe über orange und rotbraun bis schlussendlich dunkelbraun und wird gleichzeitig immer dickflüssiger. Irgendwann verdunstet der Schwefel und schlägt sich an kühleren Stellen des Reagenzglases als rötlich-gelber Belag nieder. Gleichzeitig wird bei weiterem Erhitzen die dunkle zähe Flüssigkeit wieder dünnflüssig, bis sie siedet. Der Schwefeldampf hat eine gelbe bis orange Färbung. Während dieses Prozesses glüht irgendwann der untere Rand des Kupferbleches in einem dunklen Orangeton auf und die Glühfront frisst sich langsam durch das ganze Blech nach oben auch wenn das Glas, wenn es vorher langsam erwärmt wurde, beim ersten Aufglühen des Blechs aus der Flamme genommen wird. Nach dem Erkalten findet sich ein grauschwarzer bis blauschwarzer mattglänzender Feststoff von in etwa der gleichen Form wie das Kupferblech im Reagenzglas, auf dessen Oberfläche sich tiefblaue kleine Kristalle niedergeschlagen haben. Dieser Stoff ist sehr spröde und zerbröselt schon bei leichtem Druck mit einem Holzspan oder Spatellöffel. Es zeigt sich beim Brechen, dass er durch und durch blauschwarz bis grauschwarz ist und nicht nur an der Oberfläche. Es findet sich bei vollständigem Durchglühen kein metallischroter Stoff mehr im Reagenzglas.

---

[114] Diese hat auch die finnische Physiologin Y. Renquist 1918 erforscht.

[115] Buck verweist auch auf die innerlich erlebte Naturwissenschaft Chemie des Galenus von Pergamon und in der Tat stimmen die gefundenen Geschmacksqualitäten mit Galenus´ Wirkungsgraden der Stoffe überein: *„1)kaum merklich 2)mit den Sinnen deutlich wahrnehmbar3) heftig, leicht schädigend, 4)heftig, zerstörend."* Vergl. Galenus 1547.

Die Bedeutungszuweisung (Sinn$^{(b)}$), das ***verstehen$_2$*** und ***verstehen$_3$*** unter anderem dieser chemischen Reaktion soll in dieser Arbeit für eine Schulklasse untersucht werden und die Verständnisinhaltsklassen herauspräpariert werden.
Einzig die tradierte Bedeutungszuweisung kann hier wiedergegeben werden: Kupfer und Schwefel haben miteinander reagiert. Kupfer ist verschwunden, Schwefel ist verschwunden, es hat sich ein neuer Stoff mit neuen Eigenschaften gebildet: dieser wird Kupfersulfid genannt.. Es haben sich immer zwei Kupferatome 2 Cu mit einem Schwefelatom 1S zu einem Atomverband $Cu_2S$ verbunden. Nach der Reaktion bilden sich ein grauschwarzer Feststoff sowie blauschwarze Kristalle auf der Oberfläche dieses Stoffes, die beide als Kupfersulfid identifiziert werden.

Wagenschein beschreibt ***sechs Rangstufen*** des Verstehens, von denen er die ersten beiden noch nicht als „Verstehen im eigentlichen Sinne" einstuft. Es wird nun an dieser Stelle, analog zu Walters Übersetzung von Wagenscheins Rangstufen des Verstehens auf den Musikunterricht, auf den Chemieunterricht wieder am Beispiel der Reaktion von Kupfer mit Schwefel übertragen:

I. Nur *verbal:*
Die Schülerin sagt: „Es hat eine chemische Reaktion, eine Stoffumwandlung stattgefunden. Bei einer chemischen Reaktion entstehen neue Stoffe mit neuen Eigenschaften. Kupfer und Schwefel reagieren zu Kupfersulfid."

II. Nur *technisch* (verfügend, bedienend):
Die Schülerin kann Wort - und Symbolgleichungen von chemischen Reaktionen schreiben[116]; sie kann anhand der Eigenschaften der Stoffe bei einem Experiment überprüfen, ob es sich bei einem Vorgang um eine chemische Reaktion handelt.

III. *Einsichtig* (verstehend):
Die Schülerin erkennt chemische Reaktionen im Alltag wieder, verbindet also mit dem Vorgang eine Vorstellung. Sie kann bei bekannten Stoffen Voraussagen über mögliche chemische Reaktionen machen, die der Stoff eingehen kann.

IV. — Stufe der fachmethodischen „Schulung":
Die Schülerin unterscheidet verschiedene Reaktionstypen (Redoxreaktion, Säure – Base – Reaktion) und kennt die Bedingungen der Möglichkeiten unter denen sie auftreten. Sie weiß um Umkehrbarkeit von chemischen Reaktionen und lernt das Massenwirkungsgesetz kennen und anwenden, um Voraussagen über chemische Reaktionen machen zu können. Sie beherrscht Techniken der chemischen Analyse.

V. — Stufe der systematischen Expansion:
Grundbegriffe der Chemie
Die Schülerin weiß den Begriff der chemischen Reaktion in den Zusammenhang der anderen chemischen Grundbegriffe (Energie, Atom, Stoff, ... ) zu stellen und diese voneinander abzugrenzen.

---

[116] Damit ist nicht gemeint, dass ein im oben beschriebenen Sinne *Vertieftes Verstehen* eine vorherige Behandlung eines Atommodells erforderlich macht, im Gegenteil: in der untersuchten Unterrichtssequenz wird ausdrücklich darauf verzichtet. Die Einordnung des Umgehens mit Symbolgleichungen auf der zweiten Stufe, also unterhalb der von Wagenschein als *verstehend* bezeichneten dritten Stufe soll vielmehr darauf hinweisen, dass ein rein mechanisches Handhaben der chemischen Symbolik noch kein Indiz für ein *Vertieftes Verstehen* sein kann.

VI. - Stufe der *abstandnehmenden* („wissenschaftstheoretischen") *Betrachtung:*
Die Schülerin lernt darüber hinaus, sich auf den Weg zu machen, Chemie als Aspekt der Wirklichkeit[117] zu begreifen, zum Beispiel, indem sie lernt, voneinander abgrenzbare Wissensarten, wie sie Messner, Rumpf und Buck für die naturwissenschaftliche Allgemeinbildung als relevant darstellen[118], zu erkennen und zu unterscheiden..

Helmstad gewinnt aus einer Phänomenographischen Untersuchung drei so genannte ***Understandings of Understanding***, die sich qualitativ unterscheiden:

1. Verstehen als Rezeption (durch Beobachtung oder durch informiert – werden)
2. Verstehen als Akquisition (eine Fähigkeit erwerben, sich auf eine Sache verstehen, etwas erreichen)
3. Verstehen als Realisation (Gewahrwerden einer „neuen Wahrheit")

Beim dritten Punkt, der, wie oben ausgeführt wurde, kohärent zu Wagenscheins Verstehen ab Rangstufe III ist, unterscheidet Helmstad zwischen zwei Kategorien, die die Art des Verstehensinhaltes beschreiben. Im einen Fall ist der Verstehensinhalt eine Ganzheit, im anderen eine Struktur.

Für das Verstehen von Chemie heißt das, dass beide Aspekte, die sinnliche Wahrnehmung, mit der ein chemisches Phänomen als Ganzheit erlebt wird und auch die gedankliche strukturelle Durchdringung, in der es seine Bedeutungszuweisung erfährt, sich auf der Ebene des vertieften Verstehens treffen können.

Bezogen wieder auf das Beispiel der Reaktion von Kupfer und Schwefel im Unterricht findet man den Aspekt der sinnlichen Wahrnehmung im faktisch - sachbezogenen Verstehen: das Verschwinden der Edukte Kupfer und Schwefel und das Entstehen des Kupfersulfids wird als Tatsache erlebt.

Im Unterrichtsgespräch findet dann das referenzielle Verstehen statt: es gibt einen Austausch darüber, wie das Phänomen der chemischen Reaktion auf jemand anderen gewirkt hat (verstehen$_2$ und angebahntes verstehen$_3$). Auch hier ist das Verstehensobjekt noch eine Ganzheit.
Erst im weiteren Verlaufe des Gespräches, möglicherweise auch unter Zuhilfenahme von Folgeversuchen (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 67ff.) kann das systemische Verstehen stattfinden, das Aushandeln des Verständnisses der inhärenten Struktur auf molekularer Ebene beziehungsweise der Einblick in die Relationen die die Faktoren für eine chemische Reaktion bestimmen; hier ist das Verstehensobjekt eine Struktur.

Bezogen auf den Unterricht heißt das, dass zum Beispiel die Prüfung der Verformbarkeit des Reaktionsprodukts Kupfersulfid im Vergleich zur Verformbarkeit des Kupferblechs als Folgeversuch in Frage kommt.

---

[117] analog zu Wagenscheins *Physik als Aspekt*

[118] 1. das lebenspraktische Umgangswissen über Natur, 2. das systematische Wissen der modernen Naturwissenschaft, 3. das verstehende Wissen, 4. das mimetisch-symbolische Naturwissen, 5. das physiognomisch-portraithafte (phänomenologische) Naturwissen. Vergl.: Messner, Rumpf & Buck 1997, S. 5-31.

***Intentionalität: Zusammenspiel von Sinneswahrnehmung, Bedeutungsattributierung und Volition***

In der ***fünften Näherung*** wurde das Zusammenspiel von Sinneswahrnehmung, Bedeutungsattributierung und Volition als eine notwendige Bedingung für den Verstehensprozess beleuchtet. Dabei wurde folgende Unterscheidung gemacht:

Volition$_1$: eine Hinwendung zur Sache, dem „Sich-Einlassen" auf die Sache, dem „Die-Sache-Verstehen-Wollen" einer besonderen Qualität der Aufmerksamkeit, der *„Erwartsamkeit"* („Aktintentionalität")
Hierbei ist eine Konzentration auf den Versuch und die reine Wahrnehmung gefragt, ein Ausblenden jedes Halb- und Vorwissens, das über Reaktionen, Atome, Elemente durch Medien, ältere Geschwister, Mitschülerinnen usf. möglicherweise kursiert.

Volition$_2$: eine Hinwendung zur anderen Person, ein „Den-Anderen-Verstehen-Wollen", einer Bereitschaft, das eigene Erleben in Worte zu fassen (Verstehen$_2$) und sich auf das aushandelnde Gespräch mit dem oder den Anderen einzulassen (Verstehen$_3$), verbunden mit der Bereitschaft, sich selbst in Frage zu stellen. Hierbei ist die Bereitschaft, die Deutungen der anderen Gesprächsteilnehmerinnen dem eigenen Erleben kritisch gegenüberzustellen, notwendig und auch die Bereitschaft, das Erleben in der Deutungsstruktur wiederfinden zu wollen (Vergl. u.a.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 19).

Die in diesem Prozess zu erwerbenden Kompetenzen lassen sich in einzelne Fähigkeiten aufschlüsseln.

Für das Beispiel der Reaktion von Kupfer und Schwefel heißt das:

1. Aufmerksam sein, das heißt: sich, von den eigenen Vorverständnissen also auch von eigenen Vorstellungen über die innere Struktur der Stoffe absehend, auf das sinnliche Erleben konzentrieren
2. Fragwürdigkeit erkennen, das heißt: Fragen über die Bedingungen der Möglichkeiten eines Zustandekommens dieser Reaktion stellen können
3. Beziehung und Sinn konstituieren, das heißt: Wörter aus dem eigenen Wortschatz finden oder entwickeln, die dem Phänomen der Stoffumwandlung einen Namen geben (verschwindet, ist nicht mehr da, etwas Neues usf.
4. Versprachlichen, das heißt: Das Ich formuliert den gefundenen Sinnzusammenhang des Phänomens der Reaktion in eigenen (gewachsenen) Worten so, dass die anderen verstehen was das Ich meint.
5. Aushandeln, das heißt: Das Ich erzielt im Gespräch mit anderen eine Übereinkunft über den Gegenstand. Man findet eine gemeinsame Definition oder Beschreibung dafür, was eine chemische Reaktion ist, in der sich die Einzelverständnisse wiederfinden können.
6. Verstehen, das heißt: Das Ich kann die Fragwürdigkeit des Gegenstands erhellen beziehungsweise erklären, indem es den Gegenstand als Teil seiner Welt begreift. Es konstituiert sich eine Beziehung zwischen Ich und dem Gegenstand in der Welt und findet im Gespräch mit anderen Übereinkunft über den Gegenstand. Man findet noch andere Phänomene, die auch zu der ausgehandelten Definition der chemischen Reaktion passen.

***Zusammenfassung der Explikation des Verstehensbegriffs auf das Verstehen von dem, was eine chemische Reaktion ist***

Zunächst wurde die Unabdingbarkeit der Evidenz empirischer Erfahrungen als Grundlage für ein Verstehen chemischer Phänomene herausgestellt.

Dabei geht es vor allem darum, den für das vertiefte Verstehen bedeutsamen aristotelischen Aspekt der *„Chemie als* **Stoffwechsel***wissenschaft"* wie Buck ihn nennt, nicht aus dem Auge zu verlieren und chemische Reaktionen weniger als Atomumgruppierungen zu sehen als vielmehr als Stoffwechselvorgänge im weitesten Sinne (Vergl.: Buck & Kranich 1995. S.88).

Dazu wurden die Zusammenhänge der Bestimmungsstücke einer chemischen Reaktion, Stoff, Element, Energie und Atom mithilfe des von Buck und Rehm vorgestellten Grundbegriffstetraeders beleuchtet.

***Dies ist für diese Arbeit aus dem Grunde wichtig, als die durch den Grundbegrifftetraeder aufgezeigten Perspektiven mögliche von den Schülerinnen eingenommene Perspektiven auf das selbsterlebte Phänomen aufzeigen und damit eine Strukturierungsmöglichkeit für die Landkarten des Verstehens bilden können.***

Im Anschluss wurden die verschiedenen pädagogischen Perspektiven auf den Verstehensbegriff für das Verstehen von dem was eine chemische Reaktion ist, expliziert:

- Die Aggregatzustände des Verstehens nach Buck geben die eine Struktur für die Phasierung der Unterrichtsstunden vor.
- Die Betrachtung der Tiefendimensionen /Rangstufen des Verstehens von Chemie führte analog zu Walters Übertragung von Wagenscheins Rangstufen auf den Musikunterricht zu einer Übertragung der Rangstufen auf den Chemieunterricht, die Aufschluss darüber geben, inwieweit ein angestrebtes Vertieftes Verstehen stattgefunden hat. Dies wird am Beispiel der Reaktion von Kupfer und Schwefel konkretisiert.
- Die Betrachtung der Intentionalität führte zu einer Aufschlüsselung in Kompetenzen des Verstehens, die anhand der Betrachtung der Reaktion von Kupfer und Schwefel dargestellt wurden und so einen Aufschluss über die erwarteten von den Schülerinnen zu entwickelnden Kompetenzen geben.

## 2 Kann Wagenscheins genetisch-sokratisch-exemplarisches Lehrverfahren auch im Chemieunterricht zur Anwendung kommen?

Wagenschein war Mathematik- und Physiklehrer. Es stellt sich die Frage, ob sein genetisch-sokratisch-exemplarisches Lehrverfahren im Chemieunterricht durchführbar ist. ***Diese Frage muss deshalb an dieser Stelle diskutiert werden, um auch im wagenscheinschen Sinne die Durchführung einer genetisch-sokratisch-exemplarischen Unterrichtssequenz im Chemieunterricht zu legitimieren:***

Wagenschein zeigt mit dem genetisch-sokratisch-exemplarischen Lehrverfahren einen Weg auf, den Schülerinnen zu einem verstehenden Wissen zu verhelfen. Auf die Frage, inwieweit Wagenscheins Didaktik des ursprünglichen Verstehens kohärent (Vergl.: Habermas 1992, S. 79) zur Husserlschen Phänomenologie, in der der Verstehensbegriff in dieser Arbeit begründet wird, ist, wurde oben schon näher eingegangen. Wagenschein betonte selbst immer, von Chemie nicht viel zu verstehen (Vergl.: z.B.: Buck 1996, S.347-365), war er doch selbst kein Chemie-, sondern Mathematik- und Physiklehrer. Dass sich das von ihm vorgestellte genetisch-sokratisch-exemplarische Lehrverfahren jedoch nicht nur auf diese beiden Fächer beschränken muss zeigen unter anderem seine *„Erwägungen über das exemplarische Prinzip im Biologieunterricht"* (Wagenschein 1970, S. 471ff.) Die Problematik der Anwendung dieses Lehrverfahrens im Chemieunterricht haben Gerda Freise und Martin Wagenschein zu Beginn ihres von 1968 bis 1982 andauernden Briefwechsels diskutiert.

Auch wenn Freise bis zum Schluss des Briefwechsels über einen genetischen Chemieunterricht nachdenkt (Vergl.: Buck 1996, S.360) führt sie in ihren Briefen an Wagenschein die folgenden sieben grundlegenden Argumente dafür an, dass Chemieunterricht nicht in der Art des von Martin Wagenschein beschriebenen Lehrens und Lernens stattfinden kann (Vergl.: Buck 1996, S.347-365). Diese müssen diskutiert werden, will man eine auf der Wagenscheindidaktik basierende Unterrichtssequenz für den Chemieunterricht konzipieren:

1. *Chemische Phänomene seien zu vielfältig, um daraus generalisieren zu können. Daher verbleibe der Unterricht auf der Stufe der bloßen Deskription und leistete somit keinen Beitrag zur Aufklärung.*
2. *Chemische Begrifflichkeit sei zu weit von der Alltagssprache und den Alltagserfahrungen der Kinder entfernt.*
3. *Die Kluft zwischen Umgangssprache und lebensweltlichen Denken einerseits und Fachsprache und Wissenschaft andererseits könne in der Chemie nicht so überbrückt werden wie in der Physik.*
4. *Das Vordringen von der Oberfläche ins Innere sei ohne Hilfe im sokratischen Gespräch nicht zu leisten.*
5. *Ein brauchbarer Atombegriff sei zu unanschaulich und die Symbolsprache sei zu abstrakt.*
6. *Mathematische und physikalische Kenntnisse zum Verstehen der chemischen Theorie seien in Sekundarstufe I nicht vorhanden.*
7. *Physik sei die der Chemie übergeordnete Wissenschaft (das meint, um im oben vorgestellten Schema der Hierarchie der Wissenschaften von Gell-Mann zu bleiben: Physik sei die fundamentaleren Wissenschaft). Deswegen müsse dies in der Schule konsequenterweise auch so sein.* (Vergl.: Freise 1969 in: Buck 1996, S.347-365)

**2.1 Zum ersten Argument**

Die Schwierigkeit, ein betreffendes Beispiel/Experiment zu finden, das geeignet ist, *das Ganze des fraglichen Gegenstandes* wiederzuspiegeln, also, um in der Wagenscheinschen Terminologie zu sprechen, als Initiationsexperiment zu dienen, zeigt sich für Freise an vielen Stellen, zum Beispiel bei der Prüfung unbekannter Flüssigkeiten mit Lackmuspapier, bei der für die Schülerinnen nicht der chemische Begriff der Säure das Ziel ist, sondern nur das Bedürfnis alle Flüssigkeiten mit Lackmuspapier zu prüfen, oder bei der Untersuchung von Metallen, bei der aus der Untersuchung eines Metalls außer den vier charakteristischen Metalleigenschaften keine Rückschlüsse auf Eigenschaften anderer Metalle möglich sind (Vergl.: Buck 1996, S.352f.). Auch die Reproduzierbarkeit von Experimenten stellt kein spezifisch chemisches, sondern ein alle Naturwissenschaften betreffendes Phänomen dar.

Wagenschein schlägt in diesem Zusammenhang ein Vorgehen vor, das sich von seinen eigenen strengen Kriterien für einen genetischen Unterricht, wie sie im entsprechenden Kapitel oben beschrieben wurden (Vergl. auch: Buck 1996, S.355) und das sich auf das chemische Grundphänomen des Verschwindens und Wiedererscheinens von Stoffen beschränkt (Vergl.: Buck 1996, S.354f.). Allerdings blieb Freises Argument damals unwiderlegt, weil noch kein geeignetes Ausgangsphänomen gefunden wurde, was den Kriterien eines Initiationsexperimentes genügen könnte. Buck verweist jedoch in diesem Zusammenhang auf genetisch-sokratisch-exemplarische Lehrstücke, wie sie etwa in Hans Christoph Bergs *„Lehrkunst-in-Schulvielfalt"* Projekten auch für den Chemieunterricht entwickelt wurden, wie zum Beispiel *„Faradays Kerze"* (Vergl. auch: Buck 1996 S.363) oder auch auf Wobbe de Vos' Petrischalenexperimente (Vergl.: de Vos, Wobbe o.J., S. 37-85). Eines dieser Petrischalenexperimente, der so genannte *Golddünenversuch*, scheint besonders geeignet, als Initiationsexperiment für das Thema chemische Reaktion zu dienen und wird deshalb auch für die Unterrichtssequenz ausgewählt. Dies wird weiter unten bei der Begründung für die Auswahl der Experimente noch näher erläutert.

**2.2 Zum zweiten Argument**

Auf das zweite Argument geht Wagenschein im Briefwechsel nicht explizit ein. Da er aber in den Faustregeln für den genetischen Unterricht dem Weg über die Muttersprache hin zur Fachsprache wählt[119] und auch den Schülerinnen zunächst ausdrücklich das Sprechen im Dialekt erlaubt, ist hier ein Weg für die Vorgehensweise in der Unterrichtssequenz vorgezeichnet.

[119] Dies wurde im Kapitel über das genetische Prinzip ausführlich beschrieben Vergl. Kap 1.2.

### 2.3 Zum dritten Argument

Dem dritten Argument stimmt Wagenschein ausdrücklich zu, hält es aber nicht für ein Argument gegen einen genetischen Chemieunterricht. Er verweist wieder auf das Grundphänomen der Chemie, die Stoffumwandlung (Vergl.: Buck 1996, S.356), weswegen dieses Thema auch in dieser Arbeit als Thema für die zu untersuchende Unterrichtssequenz gewählt wurde

### 2.4 Zum vierten Argument – der dritte Weg

Zum vierten Argument sind mehrere Gesichtspunkte anzuführen: Zunächst hat Wagenschein die strengen Regeln des sokratischen Gesprächs, wie sie von Nelson formuliert wurden, nicht in der Schärfe für die Schule anwendbar gefunden[120]. Auch Gustav Heckmanns Verbot des Experiments, das besagt, dass ein Experiment nicht als Anfangsbeispiel für ein sokratisches Gespräch dienen könne, findet man bei Wagenschein nicht. Wagenschein geht in diesem Zusammenhang noch einen Schritt weiter; er schlägt eine Abwandlung des genetischen Prinzips beziehungsweise um ein Vorgehen, das neben dem genetischen Vorgehen steht, jedoch ausdrücklich dasselbe Ziel der Kontinuität verfolgt. Dieses wurde im Kapitel über das genetische Prinzip als „dritter Weg" beschrieben. Buck versteht darunter einen Unterricht, in dem *„bereits gelernte Begriffe und Theoreme im gründlichen Gespräch über ein Phänomen, etwa dem Entstehen von Kalialaun aus der Reaktion von Aluminium, erst mit Kalilauge und dann mit Schwefelsäure, angewandt und reflektiert werden."* (Buck 1996, S. 358). Ein solcher regenerierender Unterricht bietet sich beispielsweise für die Einführung des Atombegriffs an (Buck 1996, S. 360), wie sie Seilnacht beschreibt (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 68). Die von Wagenschein geforderte *Continuität* ist demnach eine Kontinuität im Prozess des Verstehens nicht im Gegenstand; sie findet also auf der Lernebene nicht auf der Gegenstandsebene statt. Dieser regenerierende Unterricht, in dem der Sprung zu den Atomen vollzogen werden soll, schließt sich zeitlich direkt an die in dieser Arbeit untersuchte Unterrichtssequenz zur chemischen Reaktion an.

### 2.5 Zum vierten, fünften, sechsten und siebten Argument

Geht man, wie hier, von einem phänomenologisch fundierten Verstehensbegriff aus, so bedeutet dies, dass bei der phänomenologischen Reduktion einiger Bereiche ausgeblendet werden, zu denen angelerntes Wissen wie z.B. die Atomtheorie gehört (Vergl.: Wuchterl 1999). Mit dem Vorschlag des regenerativen Unterrichts zeigt Wagenschein eine Möglichkeit auf, auf Freises viertes und fünftes Argument einzugehen, ohne die Kontinuität im Verstehensprozess aufzugeben.
Wagenschein geht auf das sechste Argument nicht explizit ein, allerdings bezieht sich der Fokus dieser Arbeit auf das Grundphänomen „chemische Reaktion", also auf den Chemie-Anfangsunterricht, daher greift das Argument in diesem Zusammenhang nicht. In welchem Maße ein genetisch-sokratisch-exemplarischer Chemieunterricht beispielsweise in Sekundarstufe II möglich ist, wäre an anderer Stelle zu untersuchen.
Das siebte Argument unter bereits weiter oben im Kapitel über das Verstehen von Chemie genauer diskutiert.

### 2.6 Lösungsvorschlag nach Buck

Buck schlägt aus diesen Gründen vor (Vergl.: Buck 1996, S. 359), folgenden Bedingungen bei einem genetischen Lehren und Lernen in der Traditionslinie Wagenscheins im Chemieunterricht Rechnung zu tragen, nämlich:

1. dass die Chemiedidaktik sich auf die Anfänge der Wissenschaft konzentrieren muss,
2. dass Chemiedidaktik die Grundphänomene der Chemie, nämlich die Stoffe und die Reaktionen, also das Verschwinden und Erscheinen von Stoffen, betrachten muss
3. dass bei Begriffen, die wie der Atombegriff nur ostentativ lehrbar sind, Wagenschein mit dem regenerativen Verfahren eine Möglichkeit aufgezeigt hat, die Kontinuität in Verstehensprozess zu wahren.

Von Bucks weiteren Ausführungen[121] ist für diese Arbeit vor allen Dingen der Hinweis in der dritten These von Bedeutung, dass, wie oben schon erwähnt, genetisch-sokratisch-exemplarische Lehrstücke auch für den Chemieunterricht entwickelt worden sind, die für die Anbahnung eines verstehenden Wissens hilfreich sein können.

---

[120] Vergl.: das Kapitel über das sokratische Gespräch in dieser Arbeit

[121] Diese fasst Buck in vier Thesen zusammen:

1. *„ Gerda Freises These kann nur aufrecht gehalten werden, wenn man Ihr Verständnis von „Chemie" zu Grunde legt.*
2. *Gerda Freises These ist nicht für jede Art von Naturwissen relevant.*
3. *Es sind genetisch-sokratisch-exemplarische Lehrstücke auch für Chemieunterricht entwickelt worden, die als tragende „Brückenpfeiler" für die Schnellstraßen des systematischen Wissens geeignet sind.*
4. *Chemie hat andere Wurzeln als Physik."* Buck 1996, S. 360ff.

Ein Unterricht, der verstehendes Wissen zum Ziel hat, setzt eine Subjektorientierung voraus, das heißt, dass der Unterricht mäeutische Anteile enthalten muss (Vergl. Rehm 2006, S. 6f.) Eine reine Output-Orientierung des Unterrichts verschiebt den Fokus weg vom erkennenden Subjekt und birgt somit die Gefahr, nur ein oberflächliches Repetieren der Rangstufe I (nur verbal) oder II (technisch verfügend, bedienend) zu gestatten.
Wagenschein zeigt mit dem genetisch-sokratisch-exemplarischen Lehrverfahren einen Weg auf, den Schülerinnen zu solch einem verstehenden Wissen zu verhelfen. Die oben beschriebenen Räume[122] der Wagenscheindidaktik kann man hierbei qualitativ in zwei verschiedene Ebenen einteilen: zum einen die genetisch-sokratisch-exemplarische Ebene und die Ebene der Aufmerksamkeit, Verdichtung, Initiation und Einwurzelung. Erstere steckt das Terrain für die Möglichkeit der zweiten ab. Ein Unterricht, der Wagenscheins Kriterien für den genetisch-sokratisch-exemplarisches Lehren folgt, ermöglicht erst das Aufkommen von Aufmerksamkeit, Verdichtung, Initiation und Einwurzelung.

Diese Kriterien für einen genetisch-sokratisch-exemplarischen Unterricht wurden bereits ausführlich beschrieben. Für die Konzeption ist es wichtig, abzuleiten, welche Rahmenbedingungen konkret gegeben sein müssen, um die Bedingungen der Möglichkeit für das Aufkommen von Aufmerksamkeit, Verdichtung, Initiation und Einwurzelung zu schaffen. Natürlich greifen diese Rahmenbedingungen ineinander und sind nicht immer eindeutig dem genetischen Prinzip, der sokratischen Methode oder dem exemplarischen Prinzip zuzuordnen, dennoch folgt ihre Beschreibung aus Gründen der Übersichtlichkeit diesem Dreischritt.

## 2.7 Folgerung

Der Autor kommt aus diesen eben dargestellten Gründen zur Schlussfolgerung, dass, entgegen der These von Gerda Freise, ein genetisch-sokratisch-exemplarischer Unterricht auch im Fach Chemie möglich ist, sofern ein chemisches *Urphänomen* thematisiert wird.

Solche Unterrichtssequenzen, in denen chemische Urphänomene thematisiert werden, sind durchgeführt und in der Literatur beschrieben worden (Vergl.: Buck 1996, S.363 oder auch: de Vos, Wobbe o.J., S. 37-85). Für diese Arbeit werden drei Versuche ausgewählt, in denen sich das Verschwinden und Erscheinen von Stoffen zeigt.

[122] Wie zuvor sind damit *Räume* im wittgensteinschen Sinne gemeint

## 3 Planung der Unterrichtssequenz

Es wurden folgende Konsequenzen aus der theoretischen Betrachtung für die Unterrichtsplanung der Untersuchungssequenz gezogen (zur besseren Übersicht ist die komplette Liste, die sich aus den Konsequenzen am Ende jedes Teilabschnitts des theoretischen Teils zusammensetzt, hier noch einmal abgedruckt):

Genetisch:

- Ermöglichung einer ***Formatio*** durch Förderung von:
    - produktiver Findigkeit
    - Einwurzelung
    - kritischem Vermögen.
- Lehrerrolle als Moderator eines Gesprächs
- Anwesenheit der Wirklichkeit durch
    - einfache Versuche
    - Dialekt ist gewünscht
    - Möglichkeit des affektiven Zugangs
    - Geistesgegenwart des Lehrers
- Verzicht auf verfrühte Abstraktion/Modellvorstellungen
- Verzicht auf verfrühte Mathematisierung/Formeln
- Genesis ist nicht Geschichte
- Orientierung an den von Wagenschein aufgezeigten Wegen:
    - Er soll zunächst in wenigen Klassen beginnen.
    - Er soll nur eine Zeitlang stattfinden.
    - Der Lehrer soll persönlich vom Thema affiziert sein.
    - Er soll in Doppelstunden stattfinden.
    - Es soll ein sokratisches Gespräch stattfinden.
- Dieser Unterricht soll von folgenden Prinzipien getragen werden:
    - komplexes rätselhaftes Phänomen im Mittelpunkt
    - direkt zugängliches Phänomen
    - Verzicht auf quantitative Betrachtungen
    - Verzicht auf zu früh behandelte Modellvorstellungen
    - Dialekt gewünscht und erlaubt
    - Langsamere Schüler vorrangig
    - Mädchen und Jungen sind gleichberechtigt
- Regenerierendes Verfahren nur eine Notlösung

Sokratisch:

- Lehrer-Schüler-Verhältnis ist ein dienendes
- Lernen wird als aktiver Prozess verstanden
- wechselseitiges Vertrauensverhältnis zwischen Lehrer und Schülerinnen
- Lehrer soll das Gespräch nur indirekt steuern.
- Gespräch in der Gruppe
- Metagespräch im Anschluss
- Verlauf des Gesprächs:
    - Unmittelbarer Zugang – keine Wissensfragen
    - selbsterlebtes Beispiel
    - Konsens im Diskurs .
    - zentrale Kriterien werden herausgearbeitet

- Regeln des sokratischen Gesprächs:
    - *Wir sitzen im Kreis*
    - *Jede(r) sagt, was sie/er zur Sache meint, mit dem Ziel, die/den Anderen zu verstehen.*
    - *Das heißt nicht, dass wir die Sache alle in der gleichen Weise verstehen sollen*
    - *Wir experimentieren nicht unüberlegt drauf los (Buck 2003)*
- heuristische Regeln als Steuerungsmechanismen

Exemplarisch:

- kleine Lerngruppen/Kleingruppenarbeitsphasen
- genügend Zeit
- Epochalunterricht/Doppelstunden
- Atmosphäre des Vertrauens
- direkt erfahrbares Phänomen
- Aggregatzustand der Gruppe soll einen herrschaftsfreien Diskurs ermöglichen
- Aufmerksamkeit im Sinne von *awareness statt attention*
- Fokus des Lehrers auf der Sache
- Initiationsexperimente

Aufmerksamkeit:

- Aufmerksamkeit im Sinne von *awareness* mit folgenden vier Qualitäten:
  - Bedächtigkeit
  - Intentionalität
  - Stellung zwischen aktiv und passiv
  - Individuelle und zur Kollektive Qualität
- Lehrerfokus auf der Sache
- Abwesenheit von Zeitdruck
- Abwesenheit von Wettbewerb
- Freiheit von unnötigem Gängeln herzustellen.

Verdichtung:

- inhaltlich dicht e Argumentation
- Verdichtung im Lernprozess der einzelnen Schülerinnen

Initiation:

- tiefgehendes Initiationsphänomen
- Begegnung mit einem Naturphänomen umfasst die ganze Person
  - *tiefgehendes Staunen*
  - *ästhetisch ansprechend*
  - *Fragehaltung*
  - *viele Variationen*
  - *einfache und ungefährliche Experimente - von allen durchführbar*
  - *offene Ausgangsbedingungen*
  - *keine schriftliche Arbeitsanleitung*
  - *Aushandeln der Begriffe durch das Gespräch*
  - *alle können sich gegenseitig anschauen*
  - *Wahrheitsgehalt wird argumentativ und experimentell überprüft*
  - *Schriftliches Protokoll (Vergl. Seilnacht, 2005)*

Einwurzelung:

- Bildungsinhalt darf nicht von der Außenwelt abgesondert sein
- *Wahl des Initiationsphänomens orientiert sich an der Erhellung grundlegender Erkenntnisse*
- *keine Verfremdung des Phänomens durch die Fachsprache*

Basierend auf diesen Kriterien ergeben sich folgende Überlegungen:

### 3.1 Gedankengang des Unterrichts

Wenn man davon ausgeht, dass der Verstehensprozess eines chemischen Phänomene in der sinnlichen Wahrnehmung wurzelt, so heißt das, um im Bild des oben beschriebenen Grundbegriffstetraeders zu bleiben, dass dieser bei der Wahrnehmung der Stoffe in der Sphäre der unmittelbaren Evidenz beginnt.

Ein Stoff ist für mich das, was mir, vor jeder Systematisierung, vor jeder Benennung, stofflich gegenübertritt (verstehen$_1$). In diesem Sinne ist Milch für mich ein Stoff ebenso wie Schwefel, Kupfer, Eisen, Zellulosewatte, Zucker, Salz und so fort. Die Unterscheidung von Reinstoff und Gemisch hat noch nicht stattgefunden, ebenso wenig wie die Entscheidung, flüssiges Wasser, Eis und Wasserdampf als einen Stoff aufzufassen. So begriff beispielsweise ein jugendlicher Experimentator plastischen Schwefel (μ-Schwefel) zunächst als einen neuen eigenständigen Stoff, der technisch als Kautschukersatz verwendet werden könne (Vergl.: Raaf (Römpp/Raaf) 1980, S. 123.).
Beiden Entscheidungen, sowohl der Unterscheidung von Reinstoff und Gemisch als auch der, die in unterschiedlichen Aggregatzuständen auftretenden Stoffe als einen Stoff zu begreifen, geht einen Willensakt voraus (Volition$_1$).

Beim Beobachten einer chemischen Reaktion nehme ich als Beobachter das Verschwinden und das Erscheinen von Stoffen wahr, und zwar nicht nur visuell, sondern auch oftmals mit allen anderen Sinnen - ich rieche den charakteristischen Geruch eines entstehenden Gases, zum Beispiel Schwefelwasserstoff, ich höre ein jaulendes Pfeifen bei der Knallgasprobe und so fort. Aus diesem Grund trifft hier eher das Wort *Wahrnehmung* an Stelle der rein visuellen *Beobachtung* das Gemeinte.
Damit ist eine *Einsicht* gewährleistet (und führt zu einem Verstehen der Rangstufe III nach Wagenschein), dass das worüber wir reden einmal mit meinen eigenen Worten formuliert wird und damit in meinem eigenen vorsprachlichen Erleben wurzelt.

Durch eigene und ausgehandelte Deutung dieser Wahrnehmung (verstehen$_2$ und verstehen$_3$) wird die Vielfalt der Erscheinungen systematisiert. An dieser Stelle liegt die Gefahr verborgen, die Systematisierung zu früh im Hinblick auf die atomare Komposition zu kanalisieren. Man übergeht dadurch die Lavoisiersche Stufe der „principes", das heißt dessen was während der chemischen Reaktion erhalten bleibt, ohne sofort eine Vorstellung von kleinen Kügelchen oder ähnlichem zu postulieren.

Aus der Betrachtung der Zahlenverhältnisse der reagierenden Stoffe kann dann über den Begriff der Stoffportion unter Verzicht auf ein anschauliches Teilchenmodell der Sprung zu den Atomen vollzogen werden (Vergl. Seilnacht 2004, in: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 68).
Mit diesem Weg kann eine Kontinuität im Verstehensprozess ermöglicht werden, ohne dass die inhaltliche Diskontinuität (der „Sprung" in die „Andersweltlichkeit" der Atome) durch vermeintlich anschauliche Modelle (Kugelmodell) verschleiert wird.[123]

---

[123] In diesem Zusammenhang sei noch Folgendes angemerkt: „Chemie: Ich schaue auf Stoffe und Stoffumwandlungen; ich verknüpfte Stoffe durch Reaktionsgleichungen; ich systematisierende die Vielfalt durch Blick auf die atomare Komposition und atomare Konstellation; die atomare Deutung ist dem Verstehen vorgeschaltet." (Rehm, Markus, Bünder, Wolfgang, Haas, Tilmann, Buck, Peter, Labudde, Peter, Brovelli, Dorothee, Østergaard, Edvin, Rittersbacher, Christa, Wilhelm, Markus, Genseberger, Rupert, Svoboda, Gregor. 2008: Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. Jg. 14. S.115)
Der Autor findet die von Rehm et al. beschriebene Formulierung der gängigen Denkweise der Laborchemiker, dass die atomare Deutung dem Verstehen vorgeschaltet sei, problematisch, denn durch die verfrühte Fokussierung des Blicks auf die atomare Perspektive kann eine Verengung im Verstehensprozess stattfinden,

In dieser Arbeit geht es darum, genau an dieser Gelenkstelle, also unter Verzicht auf Einführung eines anschaulichen Teilchenmodells die phänomenographischen Kategorien des Begriffes *chemische Reaktion* der Schülerinnen zu beschreiben, um dadurch die Bedingungen der Möglichkeiten eines Verstehensprozesses, der ein vertieftes Verstehen zum Ziel hat, auszuloten. Erst danach wird im Unterricht ein Atombegriff eingeführt und zwar auf dem von Seilnacht beschriebenen Weg.

Inhaltlich bedarf die genetische Unterrichtssequenz folgender Vorüberlegungen:
Der Gedankengang des Unterrichtes muss sich an dem oben beschriebenen Gedankengang orientieren. Der Sprung zu den Atomen wird im Anschluss an die Unterrichtssequenz vollzogen, ohne die Vorstellungen der Schülerinnen mit pseudoanschaulichen Modellen wie Kugelteilchenmodell zu kanalisieren.
Die Kontinuität im Verstehensprozess bleibt dann erhalten, indem die Möglichkeit besteht, dass sich die Schülerinnen die Abstraktion bewusst machen (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 68) und die Einordnung in ein System erfolgt, in dem dieser Abstraktionsprozess klar auf der Hand liegt (System-Komponenten-Schema). Damit wird dann ein inhaltliches Anknüpfen an die Verstehensinhaltsklassen, die sich bei den Schülerinnen zeigen, wenn das Initiationsexperiment beziehungsweise die Initiationsexperimente durchgeführt wurden ermöglicht.

### 3.2 Die der Untersuchungssequenz voranstehende Unterrichtseinheit *Stoffe und ihre Eigenschaften*

Im Vorfeld des Themas *Chemische Reaktion* findet im Chemieanfangsunterricht das erste Einüben einmal einfacher Arbeitsweisen im Chemieunterricht wie der Umgang mit dem Gasbrenner, Filtrieren, Erhitzen, Eindampfen usf. sowie physikalischer Fertigkeiten wie Messen, Wiegen usf. statt. Dabei begegnen die Schülerinnen den Stoffen, die sie möglichst mit allen Sinnen erfahren können sollen. Aus diesem Grund steht am Anfang der Unterrichtseinheit *Stoffe und ihre Eigenschaften* ein von Seilnacht ausgearbeiteter *„Stoff-Lernzirkel"* (Vergl. Seilnacht 2005) bei dem die Schülerinnen in Freiarbeit die Eigenschaften der dabei vorgestellten Stoffe sowohl mit ihren Sinnesorganen als auch mit Hilfe einfacher Messverfahren erfahren und ermitteln können. Diese Herangehensweise kann den Schülerinnen einen Zugang zum Erleben von Stoffen ermöglichen, der in der sinnlichen Wahrnehmung wurzelt. Ferner wird mit diesem Vorgehen den Forderungen Wagenscheins nach dem Prinzip der Selbsttätigkeit und dem Prinzip der Auswahl des Wesentlichen (Stoffbeschränkung) (Vergl.: Wagenschein 1970 S. 453ff.) Rechnung getragen: *„Beide Prinzipien, Stoffbeschränkung wie Arbeitsunterricht, sind, wie sich zeigen wird, notwendige Elemente des Exemplarischen."* (Wagenschein 1970, S. 454).

Ebenfalls im Vorfeld der Untersuchungssequenz sollen eine Stärkung der affektiven Kompetenzen der Schülerinnen und die Sensibilisierung für die eigenen Vorstellungen stehen. Aus diesem Grund sollen die Schülerinnen in der Hausaufgabe der 3. Doppelstunde ihren *Lieblingsstoff* in einem Aufsatz und einem *„Stoffsteckbrief"* beschreiben.
Um bei den Schülerinnen ein Verständnis dafür anzubahnen, dass für einen Sachverhalt mehrere Deutungsmöglichkeiten richtig sein können, findet in der 4. Doppelstunde ein erstes

---

die zu einem Verharren auf der Wagenscheinschen Rangstufe II (nur technisch, verfügend, bedienend) führen kann. Es geht dann nicht mehr darum, den Bezug zur eigenen sinnlichen Wahrnehmung herzustellen, sondern nur noch darum, Atomumgruppierungen im Kontext der konventionellen Theorie richtig zu beschreiben, das heißt, Reaktionsgleichungen korrekt aufzustellen und auszugleichen sowie stöchiometrische Berechnungen einwandfrei durchzuführen. Der Autor schlägt daher die alternative Formulierung vor: *Die atomare Deutung ist ein konstitutiver Bestandteil des Verstehensprozesses.*

Sokratisches Gespräch zu den Aggregatzuständen statt. In diesem Rahmen sollen sie ihre Vorstellungen von dem, wie es im *Inneren der Stoffe* aussieht, als persönliche Diskussionsgrundlage zeichnen.

**3.3 Der genetische Aspekt** (Vergl. Kap 1.2)
Mit der Unterrichtssequenz zum Thema *Chemische Reaktion* soll ein genetisches Lernen ermöglicht werden. Methodisch orientiert sie sich daher an den von Wagenschein formulierten und oben schon beschriebenen Faustregeln für die zeitliche Reihenfolge für einen genetischen Unterricht. Diese haben alle die Form: *„Erst dieses – dann jenes"* (Wagenschein 1989a, S. 120).

„1. Regel (die wichtigste und für alle Fächer gültige): Erst etwas Erstaunliches, also schon Kompliziertes, Problematisches vor den Schülern ausbreiten, dann in diesem Problematischen in produktivem Denken ein Verständliches, Gewohntes erkennen lassen, auf dem es beruht." (Vergl.: Wagenschein 1989a, S. 120ff).
Mit der Auswahl der drei Versuche werden die Schülerinnen mit dem Phänomen des Erscheinens und Verschwindens von Stoffen konfrontiert. Mit Absicht steht der Golddünenversuch am Anfang der Sequenz, die Stoffe sind nicht bekannt, es sind damit nichts über die Stoffeigenschaften bekannt, die Schülerin ist auf ihre Wahrnehmung angewiesen. Des weiteren werden von Wagenschein die im genetischen Unterricht aufkommenden Emotionen mit denen, *„aus denen Wissenschaft hervorging"* (Wagenschein 1989a, S.87) identifiziert, sie sind Teil der erfahrenen Wirklichkeit, Teil des erlebten Phänomens. Dies ist ein weiterer Grund für die Auswahl des ersten Versuches; das unerwartete Auftreten der goldgelb glitzernden Kristalle kann ein Staunen hervorrufen.
Erst in den anderen beiden Versuchen, dem Erhitzen von Zellulosewatte und der Reaktion von Kupfer mit Schwefel kommen bekannte Stoffe ins Spiel, bei denen sich Ähnliches zeigt: das Erscheinen und Verschwinden von Stoffen. Das Auftreten der goldgelb glitzernden Kristalle im ersten Versuch ist das vermutlich erstaunlichste der drei Phänomene; ein Verkohlen aber auch ein Durchglühen sind den Schülerinnen eher aus dem Alltag bekannt.

*2. Regel (für Naturwissenschaften): Erst das Natur-Phänomen, dann das Labor-Phänomen.* (Vergl. Wagenschein 1989a, S. 120ff.)
Wagenschein kritisiert häufig die so genannte *„verfremdende Apparatur"* (Wagenschein 1989a, S. 67), die den unmittelbaren, primären Zugang zum Phänomen verstellen können (Wagenschein 1989a, S. 67). Aus diesem Grunde werden in der Unterrichtssequenz nur einfache Versuche ausgewählt, die mit Petrischale und Reagenzglas statt Mikroskop, Destillationsapparatur, Hofmannschem Wasserzersetzer und so weiter durchführbar sind.
Auch die Auswahl der an den Reaktionen beteiligten Stoffe Zellulosewatte, Kupfer und Schwefel, die den Schülerinnen aus dem Alltag oder aus dem bisherigen Chemieunterricht bekannt sind hilft, eine künstlich aufgebaute Distanz zu den Phänomen zu vermeiden.

*3. Regel (für Naturwissenschaften): Erst qualitativ, dann quantitativ* (Vergl. Wagenschein, 1989a, S. 120ff.)
Während der drei Stunden der Untersuchungssequenz wird das Phänomen der chemischen Reaktion rein qualitativ betrachtet; auf eine quantitative Erwägung wird zunächst völlig verzichtet. Sie ist für eine Deutung des Erscheinens und Verschwindens von Stoffen zunächst von nachrangiger Bedeutung und soll nur aufgegriffen werden, wenn sie von Schülerseite aufgeworfen wird.
Eine ausführliche quantitative Betrachtung folgt erst im Anschluss bei der Einführung des Atombegriffs auf dem von Seilnacht beschriebenen Weg.

*4. Regel (für Naturwissenschaften): Erst das Phänomen, dann die Theorie und die Modellvorstellung* (Vergl. Wagenschein 1989a, S. 120ff.)
Während der Unterrichtssequenz wird, wie erläutert, auf den Rückgriff auf ein Atommodell verzichtet. Der phänomenologischen Regel, die genau den Verzicht auf angelerntes Wissen bei der eidetischen Reduktion fordert, wird nachgekommen, indem im Vorfeld der Unterrichtssequenz ausdrücklich auf die Einführung eines Kugelteilchenmodells verzichtet wird, um die Möglichkeit, zu den Principes vorzustoßen, zu erhalten.

6. Regel (für alle Fächer, in denen Denk-Automatismen auftreten; in der Mathematik: Kalküle; in der Physik: Allgemeine Prinzipien, Gesetze, Formeln; in den Sprachen: Grammatik, Interpretations-Schemata und so fort):
*Erst den Einzelfall anwesend sein lassen und mit den einfachsten, seiner Besonderheit zugewandten Denkmitteln verstehen (sozusagen mit den „bloßen Händen", mit dem „gesunden Menschenverstand"), dann ihn, falls nötig, nach allgemeinen Regulativen entscheiden (mit „Werkzeug")* (Vergl. Wagenschein 1989a, S. 120ff.).
Die Auswahl der Versuche stellt drei dieser Einzelfälle dar. Am Ende der Unterrichtssequenz wird versucht, die Gemeinsamkeiten der drei in den Versuchen zum Ausdruck gekommenen Phänomene herauszuarbeiten.
*7. Regel (für alle Fächer; verwandt mit Regel 6): Erst die Muttersprache, dann die Fachsprache* (Vergl. Wagenschein 1989a, S. 120ff.).
*Die Schülerinnen werden in jeder Stunde ausdrücklich dazu ermutigt, bei der Hypothesenbildung und bei der Versuchbeschreibung ihren, das heißt den pfälzischen Dialekt zu sprechen und auch zu schreiben. Auf diese Weise soll es ihnen erleichtert werden, ihre Überlegungen so zu formulieren, wie es ihnen „in den Sinn kommt". Erst später bei der Aushandlung der Verständnisinhalte und der schriftlichen Fixierung an der Tafel wird die Hochsprache verwendet.*

*8. Regel (für alle Fächer) Erst die Langsamen, dann die Schnellen* (Vergl. Wagenschein 1989a, S. 120ff.)
Diese Regel ist ein Hauptgrund dafür, die Schülerinnen den Versuch zunächst in kleinen Gruppen durchführen zu lassen. So kommen sie zum einen, wörtlich gesehen, *„dichter an das Phänomen heran"* (Vergl.: Wagenschein 1970 S. 460), zum anderen arbeiten sie in der Gruppe mit den Schülerinnen zusammen, die sie sich selbst ausgesucht haben, da die Gruppenzusammensetzung allein von den Schülerinnen bestimmt wird. Sie arbeiten das ganze Schuljahr über in diesen festen Gruppen. Die einzige Vorgabe des Lehrers zur Gruppenzusammensetzung erfolgt aus organisatorischen Gründen, vier ungefähr gleich große Gruppen pro Klasse zu bilden.
Damit besteht auch für *langsamere Schülerinnen* die Möglichkeit, sich in ihrer angestammten Arbeitsgruppe einzubringen.

9. Regel (für alle abstrahierenden Fächer, besonders die Naturwissenschaften und die Mathematik, und bei Koedukation in Gruppen, die nicht Altersklassen sind):
*Erst die Mädchen, dann die Jungen.*
*Das heißt nicht: langsam, damit die (in Mathematik und Naturwissenschaften als unbegabt verschrieenen Mädchen „mitkommen", sondern: die Mädchen dafür sorgen lassen, dass die Jungen die Abstraktion nicht abspalten statt sie anwachsen (ausgliedern) zu lassen* (Vergl.: Wagenschein 1989a, S. 120ff.).
Dieser Problematik wird organisatorisch dadurch begegnet, dass zunächst einmal in jeder Phase, in der ein Klassengespräch stattfindet, jeder Schülerin und jedem Schüler der Reihe nach die Möglichkeit gegeben wird, die eigene Beobachtung, Deutung oder Meinung zu äußern. Erst danach beginnt die freie Diskussion. Damit ist gewährleistet, dass die

Verständnisinhaltsklassen vollständig erfasst werden können. Im Vorfeld haben die Schülerinnen Gelegenheit, sich Notizen zu machen, damit ihre Beobachtungen/Deutungen nicht im Verlaufe der Diskussion verloren gehen und damit jede einen „Zettel zum Festhalten" hat.

### 3.4 Der sokratische Aspekt (Verg. Kap. I 2)

Das Sokratische Gespräch ist ein Kernstück des genetisch-sokratisch-exemplarischen Unterrichts. Ging Sokrates davon aus, dass es im Lernenden verborgenes Wissen gibt, dass der Lehrer durch eine bestimmte Fragetechnik, eine bestimmte Methode der Gesprächsführung, die Maieutik (Geburtshelferkunst) ans Tageslicht locken kann und zwar ohne ihn zu belehren, das heißt: ohne ihm das Ergebnis vorzugeben, so wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass die Schülerinnen von Natur aus in der Lage sind, sich im Gespräch auf einen Verstehensprozess einzulassen.
Die Lehrerin oder der Lehrer trägt nichts dazu bei, das Wissen zu erzeugen oder in die Schülerin hineinzupflanzen, sondern hilft mit, dass das Wissen ans Tageslicht kommen kann. Das bedeutet für die Unterrichtssequenz, dass von Lehrerseite versucht wird, keine inhaltlichen Hinweise zu geben, sondern nur das Gespräch zu moderieren.

Als Steuerungsmechanismen werden die oben beschriebenen Gesprächsregeln benutzt. Wagenschein begründet den Einsatz der heuristischen Regeln folgendermaßen: *„Und die „Regeln", die sich hier etwas aufdringlich abgesondert haben (um gröbere „Hilfen" zu verdrängen), sie sind zu demselben Ende da wie der Lehrer selber: sich überflüssig zu machen."* (Wagenschein 1989a, S. 149). Sie sind nicht direkt inhaltsbezogen, sondern eher allgemein gehaltene Denkanstöße, um bei den Teilnehmerinnen eine ganz bestimmte Art problemlösenden Denkens hervorzulocken, eine Art kritische Betrachtungsweise, um sich mit einem Problem auseinander zu setzen.

Diese Regeln werden mit den Schülerinnen besprochen, jedoch nicht immer verbal eingesetzt: *„Dabei sollten sie* (die Regeln M.S.) *möglichst nicht vom Lehrer wieder aufgerufen werden, sie sollten auf der Tafel sichtbar zur Verfügung stehen. Dort können neue Regeln, die sich als erwünscht anbieten (...) angefügt werden."* (Wagenschein 1989a, S. 143).

Das Gespräch in der Gruppe ist für die Einlösung des maieutischen Anspruches wichtig, damit sich die Teilnehmenden aus der Abhängigkeit ihres Denkens von der Wissensautorität des Leiters lösen können. Um dies einzulösen, finden die Gespräche in der Unterrichtssequenz in zwei verschiedenen Sozialformen statt:

- Gespräch in der Kleingruppe ohne den Lehrer[124]
- Gespräch in der Klasse

Thema eines sokratischen Gespräches ist eine Fragestellung, die ohne bestimmtes Vorwissen bearbeitet werden kann, also keine „Wissensfragen". Zum Thema werden zu Beginn jeder

---

[124] *Wagenschein bemerkt begeistert zu dieser Sozialform:* „Neunjährige sprechen miteinander über befremdende Naturvorgänge, die sie vor sich haben und an denen sie herumprobieren (etwa jene Schallverspätung): munter, unbefangen, intelligent, sachlich, diszipliniert und in ihrer eigenen Sprache. Was die für Sachen sagen!" *Wagenschein 1989, S. 105. und an anderer Stelle:* „Solche Hinweise auf das dringende Bedürfnis der Kinder nach Verstehen wurden zwar von Grundschullehrern, aber nicht von Gymnasial-Physikern beachtet. Derartiges lag wohl unter ihrem Niveau. Sie suchten ihre Anfangsbedingungen ganz wo anders, indem sie etwa fragten: Welche mathematischen Kenntnisse müssen vorausgesetzt werden, bevor ein wissenschaftlicher Physik-Unterricht überhaupt einsetzen kann. – Ihre Didaktik führt von oben herab. Sie bleiben angeseilt." *Wagenschein 1989, S. 105.*

Stunde ein Experiment in der Kleingruppe durchgeführt. Damit ist die Abgeschlossenheit der Themenstellung gewährleistet. Die Experimente werden alle noch einmal in der Großgruppe wiederholt, damit alle Schülerinnen eine gemeinsame Gesprächsgrundlage haben.
Dann folgt der Versuch, im Diskurs einen Konsens herzustellen und das Beispiel zu verallgemeinern beziehungsweise die Gemeinsamkeiten der drei Experimente herauszuarbeiten.
Die notwendigen und hinreichenden Bedingungen, die das Beispiel betreffen, werden untersucht und von den zufälligen Bedingungen unterschieden. Hierbei kann bei Bedarf ein weiteres Beispiel hinzugezogen werden. Aus diesem Grund werden auch drei Experimente durchgeführt.
Zum Schluss werden die zentralen Kriterien für die Bestimmung des zu klärenden Begriffs oder Sachverhalts herausgearbeitet. Dabei werden die unterschiedlichen Verstehensinhaltsklassen der Schülerinnen zum Thema Chemische Reaktion herausgearbeitet.

Während des gesamten Gesprächs werden die wesentlichen Schritte schriftlich fixiert und die Stellen, über die ein Konsens erzeugt wurde, markiert. Dieser Verlauf eines sokratischen Gesprächs kann von seiner Struktur her den oben beschriebenen Verstehensprozess begünstigen.

***Gesprächsregeln im sokratischen Gespräch*** *(Vergl Kap 2.5)*
Das sokratische Gespräch muss aufgrund seiner Struktur durch Gesprächsregeln organisiert werden. „Für die Teilnahme an einem sokratischen Gespräch sind keine philosophischen Vorkenntnisse erforderlich, sondern allein ein "normaler" Verstand und die Bereitschaft, sich auf diese Methode einzulassen.“ Dies gilt also auch für Schülerinnen, die dazu bereit sind.
Es wird jede Leiterin und jeder Leiter ihre/seine eigene Modifikation der Gesprächsregeln entwickeln, die sich aus der Erfahrung der Leiterin, der Zielgruppe der Teilnehmer/innen und der jeweiligen Gesprächssituation ergeben. Das eigene Urteil der Teilnehmer/innen wird eingefordert, im neosokratischen Gespräch obliegt die Urteilsbildung der Zustimmung der Gruppe.

Das bedeutet, dass am Ende von Gesprächsphasen eine Einigung in kleinen Schritten gesucht wird, wesentliche Ergebnisse an der Tafel festgehalten werden und dabei auch eine Rückfragemöglichkeit besteht.

Gustav Heckmann und Detlef Horster entwickelten das neosokratische Gespräch weiter, ergänzten es um neue Aspekte, wie das Metagespräch. Zum Beschluss der Unterrichtssequenz wird ein bifokales Metagespräch einmal zum Verstehen und zum anderen zur Rückmeldung über den Unterricht in der ganzen Klasse geführt.

Für die Durchführung der sokratischen Methode im Chemieunterricht sind die folgenden Regeln entwickelt worden, die sich aus der spezifischen Situation an der staatlichen Realschule ergeben. Diesen Regeln liegt die Auffassung vom individuellen Charakter des Verstehens zugrunde:

1. *Wir sprechen einander an, wir sprechen nicht einfach.*
2. *Jeder sagt, was er zur Sache meint - mit eigenen Worten.*
3. *Jeder hört dem anderen zu und geht auf seine Überlegungen ein.*
4. *Ziel ist, den anderen zu verstehen.*
5. *Jeder versteht die Sache anders, wenn wir die Auffassung des anderen verstehen, verstehen wir unsere eigene Auffassung vielleicht auch besser* (Vergl. Buck 2003).

Ein weiterer Aspekt, der in diesem Zusammenhang von Bedeutung ist, ist, wie oben schon angedeutet, die Frage des Faches. Loska gibt zu, dass es im genetischen Physikunterricht unfruchtbar sei, auf einer rein maieutischen Vorgehensweise zu beharren, sondern die Versuchsanordnungen vom Lehrer in bestimmten, laut Loska in vielen Fällen vorgegeben werden müssten (Vergl.: Loska 1995, S.269). Am Lernort Schule kommen die durch die Schulumgebung, den Zeitdruck, die Gruppengröße und das Curriculum vorgegebenen Rahmenbedingungen verursachten Schwierigkeiten noch hinzu, so dass die Aufgabe des Leiters noch schwieriger wird als in zeitlich weniger unter Druck stehenden Hochschulseminaren. Darum wird die Versuchsanordnung in der Unterrichtssequenz von Lehrer vorgegeben.

***Zur Lehrerrolle im sokratischen Gespräch (Vergl Kap 2.10)***

Die Unterschiede zwischen fragend-entwickelndem Unterricht, (von Wagenschein ***darlegender Unterricht*** genannt[125]) und ***genetischem*** Lernen manifestieren sich signifikant in der Lehrerrolle; sie lassen sich nach Buck (Buck 2005) tabellarisch folgendermaßen gegenüberstellen:

| ***fragend-entwickelnder-Unterricht (darlegend)*** | ***Genetisch-sokratisch-exemplarischer Unterricht*** |
|---|---|
| *Aufmerksamkeitslenkung im Sinne von **attention** (Achtung! Verpasst nichts! usw.)* | *Aufmerksamkeitslenkung im Sinne von **awareness** (schau doch hin? Was ist der Unterschied? usw.)* |
| *Lehrer **weist** direkt auf etwas **hin**, indem er es ausspricht.* | *Lehrer **fragt nach**, so dass der Schüler es selbst finden kann* |
| *Lehrer strebt einen einzigen **Gedankengang-Strang** an und selektiert die Schüler-Bemerkungen nach Ergiebigkeit für dieses Flussbett und veranlasst zum Folgen* | *Lehrer stellt Schüler-Gedankengänge **gegen einander** und veranlasst zum **Abwägen*** |
| *Lehrer will zu **einem** Lern-**Ergebnis** kommen* | *Lehrer will **verstehen**, was seine **Schüler denken*** |
| *Lehrer wünscht, dass ein **passender Gedankengang möglichst klar** ausgesprochen wird* | *Lehrer interessiert sich für die Sprache selbst, die vom Schüler gewählt wird, in der das Denken über die Sache erfasst wird (Ellipse mit **zwei Brennpunkten der Aufmerksamkeit)*** |
| *frühere Schüler-Äußerungen werden **selten** aufgegriffen* | *man kommt **immer wieder** auf frühere Schüler-Äußerungen zurück* |
| *Lehrer vermittelt den Eindruck, dass er's **weiß** und kann **gute von schlechten Antworten unterscheiden** (und markiert diese im f-e-Unterricht entsprechend)* | *Lehrer vermittelt den Eindruck, dass er **wissen will**, was einer zur Sache meint. Schüler-Antworten werden auch **nicht** implizit **bewertet**. (Wg war ein Meister darin)* |
| *Lehrer lebt in der Rolle des **Wissensvermittlers*** | *Lehrer lebt in der Rolle des **Sokrates*** |
| *Lehrer **handelt** ein Ergebnis **aus*** | *Lehrer **moderiert** ein Gespräch* |
| *Lehrer **wertet** Sch.-Verhalten* | *Lehrer **bringt** Schüler-**Verhalten in Beziehung** zur Tätigkeit des* |

[125] *„Kenntnisnahme (auch die verstehende", der dem Fachmann vorliegenden (nicht dem Anfänger) fertigen Strukturen"* Wagenschein 1989a, S. 79.

| *fragend-entwickelnder-Unterricht (darlegend)* | ***Genetisch-sokratisch-exemplarischer Unterricht*** |
|---|---|
| | *Problemlösens („In wessen Schiene denkst du jetzt?")* |
| *folgt einem **allgemeinen Plan**, der für beide Klassen gleich ist* | *arbeitet an **einem entstandenen Problem** weiter, das für beide Klassen zwangsläufig verschieden ist* |
| *in der Tendenz: nur **ein einziger** Verstehensprozess einer Sache, nämlich der Verstehensprozess der Klasse* | *in der Tendenz so **viele** Verstehensgeburten, wie es Schüler gibt* |

Diese Kennzeichen der Lehrerrolle werden jedoch durch eine besondere Eigenschaft des Lehrers zusammengefasst, die viele Mängel in der Gesprächsführung aufwiegen kann: der inneren Aufrichtigkeit. Dies deckt sich mit den Erfahrungen des oben schon zitierten Psychoanalytikers Theodor Reik, der die Bedeutung der inneren Aufrichtigkeit hervorhebt:*„Je länger ich Analysen leite, (...) und desto stärker mein Eindruck dass in der Analyse die geschickteste Technik weniger zählt als die innere Aufrichtigkeit, nein dass diese innere Aufrichtigkeit das eigentlich Wesentliche an der analytischen Technik ist."* (Reik 1976). Für die Unterrichtssequenz, aber natürlich auch für jeden anderen Unterricht bedeutet dies, dass der Lehrer streng darauf achten muss, den Schülerinnen mit innerer Aufrichtigkeit gegenüberzutreten.

Geht es im sokratischen Gespräch darum, ein Verstehen$_3$ auszuhandeln, so stellt sich, wie im Kapitel über das Sokratische Gespräch beschrieben, das Problem, dass das Verstehen eines dialogischen Textes andere Qualitäten aufweist als das Verstehen eines geschriebenen Textes.

Für die Unterrichtssequenz hat dies folgende Bedeutung: die Schülerinnen erhalten Gelegenheit, sich während der Hypothesenbildung und während der Versuchsbeobachtung Notizen zu machen, um diese im Verlauf der sokratischen Gespräches an der Hand zu haben und ihre ursprünglichen Überlegungen auch nach dem Hören der Redebeiträge anderer sich noch einmal vor Augen führen zu können. Im Akt der Verschriftlichung vollzieht sich die Verwandlung vom individuellen Verstehen$_1$ zum individuellen Verstehen$_2$.

### 3.5 Der exemplarische Aspekt – Initiationsexperimente (Vergl. Kap. I 3)

***Vorbemerkungen***

Um eine Initiation zu ermöglichen, die des exemplarischen Lehrens zweite Stufe vorbereitet, ist die Wahl des Exemplums von entscheidender Bedeutung. Es muss so tiefgehend sein, dass die Möglichkeit besteht, dass sich die Ganzheit des Faches in diesem Beispiel spiegelt.
Verbunden mit dieser originären Begegnung ist, wie oben angesprochen, eine Änderung der Person, das heißt, dass die Begegnung mit dem Gegenstand auch die ganze Person umfassen muss. Das schließt eine ästhetische Komponente mit ein. Im naturwissenschaftlichen Unterricht kann ein Großteil dieser ästhetischen Erfahrung in der Begegnung mit dem Naturphänomen beziehungsweise dem Experiment liegen.[126]

[126] *„In den besten solcher problematischer Situationen braucht der Lehrer nur das geeignete Phänomen (eine Figur, ein Tun, ein Geschehen) stumm zu exponieren, und das Problem erhebt sich daraus von selbst und „ruft" fast jedem Betrachter zu (wie Hilbert es formuliert haben soll): „Hier bin ich. Suche die Lösung! (...) Für den Bereich einer keimenden Physik sind solche Initialphänomene leichter zu finden als in dem der Mathematik. Wenn eine rollende*

Kennzeichen solchen Initiationsexperiments ist, dass sich die ganze Tiefe der Problematik in diesen Experimenten spiegeln muss. Für die oben diskutierte Forderung, dass Chemiedidaktik die Grundphänomene der Chemie, nämlich die Stoffe und die Reaktionen, also das Verschwinden und Erscheinen von Stoffen, betrachten muss heißt das unter anderem:

- dass das Verschwinden und das Erscheinen von Stoffen wahrnehmbar sein muss,
- dass das Bilden neuer Stoffe erkennbar sein muss,
- dass 2→1-Reaktionen und 1→2-Reaktionen erkennbar sein müssen,
- dass das Stoffe aus dem Alltag betreffen kann
- dass das, was passiert einmal scheinbar schlagartig aber zeitverzögert, beim anderen allmählich stattfindet,

- dass man das, was passiert, mit unterschiedlichen Sinnen wahrnehmen kann, nämlich
    - Farbe mit den Augen
    - Geruch mit der Nase
    - Tastsinn (Zerbrechlichkeit des Relationsprodukts)
- dass das, was passiert, ästhetisch ansprechend ist (goldenes Glitzern)
- dass die Reaktionsprodukte sich eindeutig von den Edukten unterscheiden
- dass etwas Unerwartetes passiert (gelb, schmilzt nicht)

Schon bei der Errichtung von Plattformen verlässt Wagenschein durch die Wahl des Einstiegs den geradlinigen Durchlauf durch das Fach: *„Es bedeutet, dass man bei einem Problem, das der ersten Plattform entspricht, ohne „bereitgestellte" Vorkenntnisse „einsteigt"*

Aus diesem Grund wird ausdrücklich auf das Standardexperiment der Synthese von Eisensulfid aus den Elementen, nachdem vorher die charakteristischen Eigenschaften von Schwefel und dann die von Eisen behandelt worden sind, verzichtet. Neben aller Kritik, die sonst an diesem Versuch vorgebracht wird (Vergl.: Buck 1993, S. 90-92) ist doch hier die vorgetäuschte Kontinuität im Inhaltlichen der für den Verzicht ausschlaggebende Faktor. Vielmehr eignen sich die unten vorgestellten Initiationsexperimente, bei denen teilweise etwas vollkommen Unerwartetes passiert als Einstiege im wagenscheinschen Sinne.

***Konkretisierung für den Chemieunterricht*** *(Vergl.: Kap 5.2)*
Thomas Seilnacht hat für die Experimente im Chemieunterricht dem oben beschriebenen Kriterienkatalog (Seilnacht 2005) erarbeitet. Dieser dient als Grundlage für die Auswahl und Durchführung der drei Experimente:

1. Die drei Versuche sind so angelegt, dass ein Staunen über den unerwarteten Ausgang und der Wunsch der Klärung des Sachverhaltes möglich ist. Besonders das Golddünenexperiment ist ästhetisch sehr ansprechend.
2. Durch die Diskrepanz zwischen Vermutung und Wahrnehmung werden Fragen aufgeworfen, die durch die Schülerinnen notiert und auch geäußert werden.
3. Die anschließenden Experimente lassen viele Variationen zu.
4. Die Experimente sind mit einfachsten Mitteln (Petrischale, Reagenzglas, Bunsenbrenner) durchführbar und für die Schülerinnen ungefährlich.
5. Die Zeit zum Experimentieren ist sehr großzügig bemessen. Lösungen werden von Lehrer nicht vorgegeben.

---

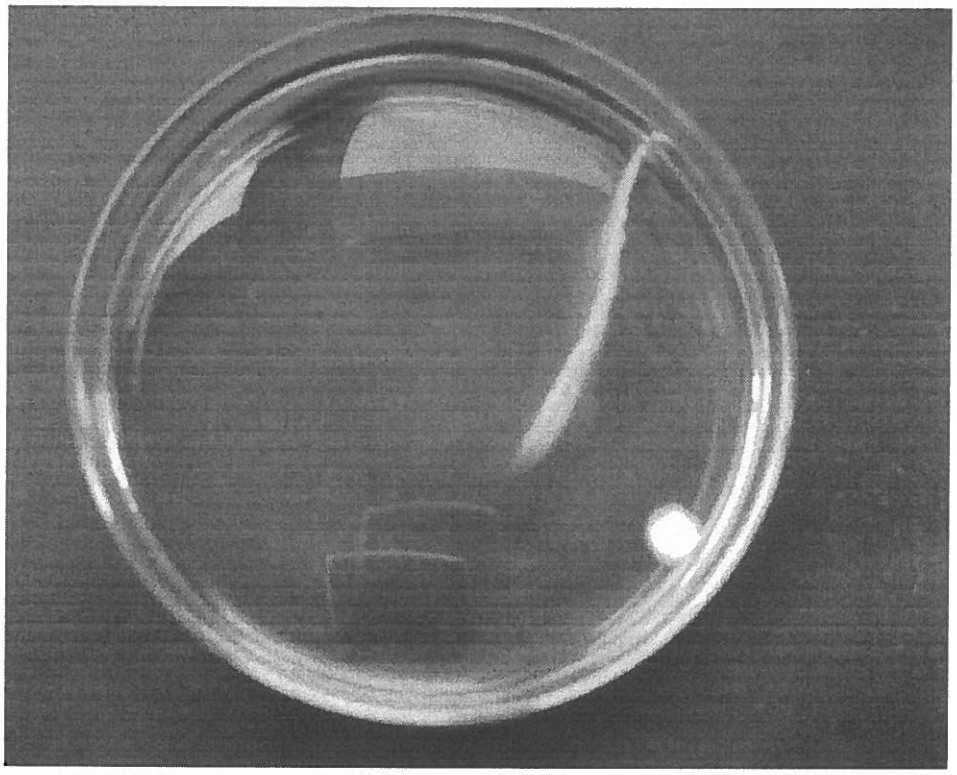
*Kugel (oder gar ein mit Menschen besetzter Wagen) am höchsten Ort einer Looping-Bahn nicht stürzt, so ist das für den Naiven „seltsam" und beunruhigend."* Wagenschein 1989a, S. 128.

6. Es liegt keine schriftliche Arbeitsanleitung oder ein Arbeitsblatt vor: Versuchsanleitungen erfolgen durch mündliche Mitteilungen oder kurze Vorführungen durch den Lehrer.
7. Das Aushandeln der Begriffe und der Erkenntnisse erfolgt durch das Gespräch zwischen allen Beteiligten.
8. Bei den Versuchen und im Gespräch sehen sich im Idealfall alle gegenseitig (Kreisanordnung der Stühle). Es gelten die oben beschriebenen Gesprächsregeln:
9. Vorgeschlagene Lösungen werden auf ihren Wahrheitsgehalt argumentativ und wenn möglich experimentell überprüft.
10. Die Experimente werden durch die Schüler schriftlich protokolliert.

Hierbei ist kritisch anzumerken, dass die Schulwirklichkeit - mit den großen Klassen und den einstündigen Fächern - dieses Prinzip nicht fördert. Es sind auch nur wenige Experimente im Chemieunterricht geeignet, welche diese Grundanforderungen erfüllen.

***Zur Auswahl der einzelnen Experimente*** *(Vergl.: Kap 4.3)*

***Das Golddünenexperiment***
In eine mit destilliertem Wasser gefüllte Petrischale werden auf der einen Seite nahe am Rand eine winzige Spitze pulverisiertes Kaliumjodid und auf der anderen Seite ebenfalls nahe am Rand eine winzige Spitze pulverisiertes Bleinitrat gegeben. Nach einiger Zeit sieht man plötzlich in der Mitte der Schale eine sehr dünne lange gelbe Linie, die aus kleinen glitzernden Kristallen besteht – eine „Golddüne“, wie Buck sie nennt (Buck & von Mackensen 2006, S.184):



Dieser Versuch stellt für ihn das Urphänomen par excellence dar, so dass er alle anderen Petrischalenexperimente bei weitem an Möglichkeiten für Fragestellungen (Farbe, farbiger Stoff, wurde ein Stoff gefärbt, ist die Farbe einer Eigenschaft des Stoffes oder im Stoff innen enthalten?), Ästhetik usw. übertrifft (Vergl.: Buck & von Mackensen 2006, S.186). Buck

stellt eine Liste von Schülerfragen vor, die unter anderem in diesem Zusammenhang aufgetaucht sind. Für den Lehrer ist es hilfreich, sich der Art und der Vielfalt der möglichen Schüleräußerungen bewusst zu werden, um sich auf das sokratischen Gespräch vorzubereiten. Diese Liste stellt keine erschöpfende Aufzählung dar, sondern gibt nur Beispiele wieder, die bei Schulversuchen von Schülerinnen gestellt wurden:

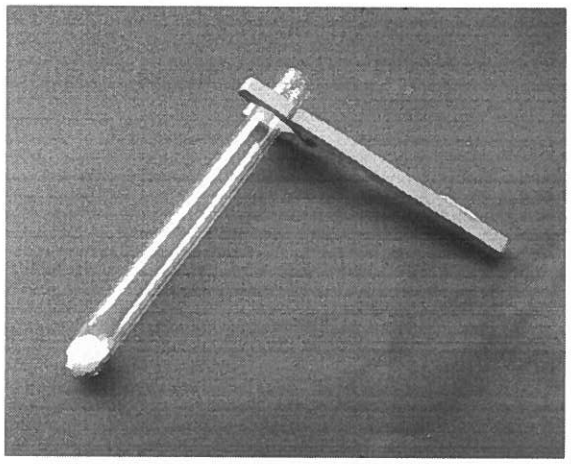
- *„Durch was wurde dieses Phänomen bewirkt?*
- *Wieso entstand aus Nichts dieser gelbe Stoff?*
- *Wie kann aus etwas Farblosem etwas Gelbes entstehen?*
- *Warum ist diese Form entstanden?*
- *Vermehrte sich der Stoff?*
- *Macht es was, ob ich viel oder wenig **A** und **B** nehme?*
- *Bewegte sich der Stoff aus eigener Kraft?*
- *Welche Stoffe sind entstanden?*
- *Sind die Stoffe leitfähig oder magnetisch?*
- *Aus welchem der beiden Stoffe entstand das gelbe Gebilde?*
- *Reagieren die Stoffe auch ohne Wasser mit einander?*
- *Warum geschah erst nichts?*
- *Wie heißen die Stoffe?*
- *Wieso ist ausgerechnet ein gelber Stoff entstanden?*
- *Warum glitzert der gelbe Stoff?"* (Buck & von Mackensen 2006, S.187).

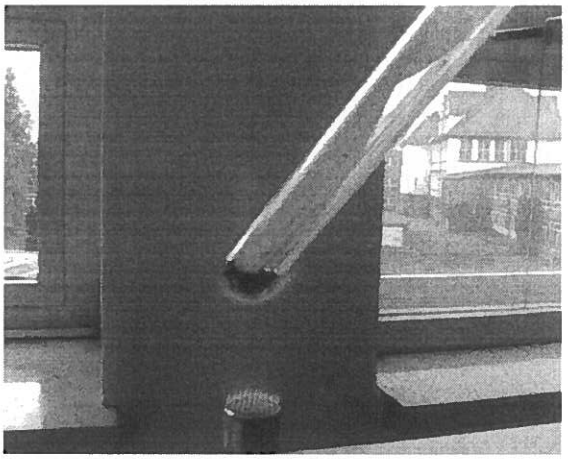
Dieser Versuch kann in der vorgestellten Form aufgrund der neuen Bestimmungen über die Arbeitssicherheit (Stand 2009) im normalen Regelunterricht mit nur einem Chemielehrer als Aufsichtsperson nur noch als Lehrerdemonstrationsversuch und nicht mehr als Schülerexperiment durchgeführt werden. Die besonderen Bedingungen, die wie sie die Untersuchungssituation bietet, lassen hier eine Ausnahme zu.[127] Es ist jedoch unbestritten, dass dies nicht die normale Unterrichtsrealität darstellen kann, da dort diese besonderen Bedingungen nicht herrschen.
In der Iterationssequenz wurde das Golddünenexperiment nur noch als Lehrerdemonstrationsexperiment vorgeführt. Buck weist darauf hin, dass damit jedoch eine elementare Lernbedingung, die von Freise geforderte Selbsttätigkeit, verhindert wird (Vergl.: Buck & von Mackensen 2006, Fußnote auf S.189).

### *Pyrolyse von Zellulosewatte*

In ein schwerschmelzbares Reagenzglas wird mit Hilfe eines Holzstäbchens eine kleine Menge Zellulosewatte bis auf den Boden das Reagenzglas eingeführt. Das Reagenzglas wird mit dem Bunsenbrenner erhitzt:

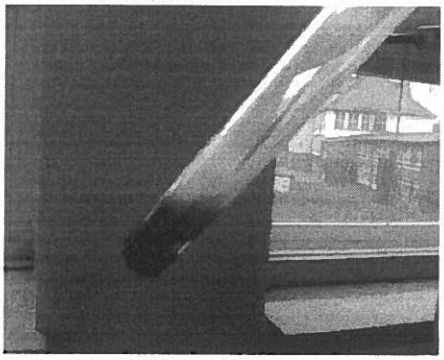
[127] Diese besonderen Bedingungen sind einmal, dass eine permanente doppelte Aufsicht durch zwei Chemielehrer, Herrn Buck und Herrn Schönbeck, gewährleistet ist, dann, dass die beiden Klassen im Vorfeld auch aufgrund ihres Arbeitsverhaltens aus den vier Parallelklassen ausgewählt wurden, dass sich alle Schülerinnen durch die Aufnahmesituation mit Mikrophonen und Kameras noch zusätzlich konstant beaufsichtigt fühlen, und dass im Vorfeld und dann zu Beginn der Stunde noch einmal ausdrücklich auf die Regeln für sicheres Experimentieren hingewiesen wurde (Schutzbrille tragen, Stoffe nicht einatmen, keinen der Stoffe berühren, nach dem Experiment Hände waschen usw.). Vergl. auch: Buck 2006 in: Buck & von Mackensen 2006, Fußnote auf S.188f.

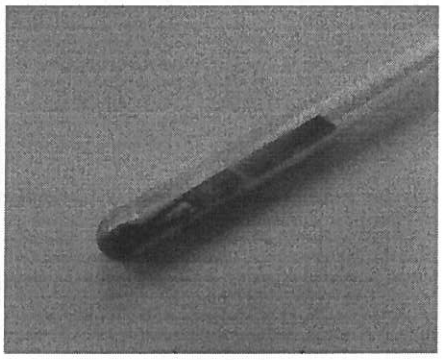




Mit diesem Versuch kommt einmal etwas aus dem Alltag der Schülerinnen in die „Welt der Chemikalien", zum anderen ist das Edukt diesmal nur eine einzige Substanz - im Gegensatz zu mehreren Reaktionsprodukten - die Analyse wird angebahnt. Auch bei diesem Versuch findet eine Farbänderung statt, allerdings wird auch noch der Geruchssinn und das Gehör (Zischen beim Erhitzen) angesprochen. Der Ausgang ist nicht eindeutig vorhersehbar, sondern neben der Zersetzung wären die Möglichkeiten des Schmelzens, der reinen Farbänderung usw. denkbar.

***Die Reaktion von Kupfer und Schwefel***





Diese Reaktion wurde oben schon ausführlich beschrieben; sie stellt nach Buck (Buck & von Mackensen 2006 S.189) ebenfalls ein Urphänomen dar. Hier handelt es sich um eine Synthese, bei der sich das Reaktionsprodukt nicht nur durch seine ästhetisch ansprechende blauschwarze Farbe, sondern auch durch die haptisch feststellbare Brüchigkeit auszeichnet (Vergl.: Buck, Rehm & Seilnacht. 2004, S. 67ff.).

**3.6 Aufmerksamkeit, Verdichtung, Initiation und Einwurzelung** (Vergl.: Kap 4)
Dabei beschreibt *Aufmerksamkeit* eine notwendige Geisteshaltung für den genetischen Lernprozess, bezeichnet also eine Voraussetzung für das genetische Lernen (Vergl.: Wagenschein 1970, S.351), *Verdichtung Initiation* und *Einwurzelung* beschreiben das, was beim genetischen Lernen im Lernenden oder in beziehungsweise zwischen den Lernenden selbst tatsächlich passiert, stellen also gleichzeitig Prozess und Ziel des genetischen Lernens dar, eine tiefgreifende Einwurzelung des Wissens in die Weltsicht des Individuums.
Eine wichtige Voraussetzung für diese geistige Haltung ist jedoch eine Atmosphäre des Vertrauens. Die alles erwartende Aufmerksamkeit kann nur in einer Atmosphäre des Vertrauens wachsen, denn die Schülerin soll lernen, sich auf ein „was jetzt auch immer kommen mag" einzulassen. Die beiden an der Unterrichtssequenz teilnehmenden achten

Klassen werden auch unter diesem Gesichtspunkt ausgewählt, ob, nach der Beurteilung des Lehrers, diese vertrauensvolle Atmosphäre gegeben ist. Alle Schülerinnen und ihre Eltern wurden im Vorfeld um ihr Einverständnis zur Teilnahme ersucht.

Die Einwurzelung wird bei Wagenschein im übertragenen Sinne als eine Verwurzelung des Denkens im *„Allgesamt seiner Umwelterfahrungen"* (Wagenschein 1989a, S. 78) verstanden, an die der Bildungsprozess, wie bereits oben beschrieben, als *„Fortschritt"*, also als *„ein besonnenes Fortsetzen der ursprünglichen Naturerfahrung"* anknüpft. Wie beschrieben geschieht die Einwurzelung in zwei Richtungen:

- einmal in die Phänomene
- einmal in das „ursprüngliche" Denken (Wagenschein 1981, S. 162).

Mit dieser „Zweigerichtetheit" wird auch der lebendige Beziehungscharakter der Einwurzelung deutlich: Genetisches Lernen ist ein Verwurzeln des eigenen, des ursprünglichen Denkens in die Phänomene und ein Verwurzeln der Phänomene in das eigene Denken.
Diese Art der Einwurzelung kann nicht erzeugt werden; durch den vorgestellten Aufbau der Unterrichtssequenz werden jedoch die Bedingungen der Möglichkeiten für eine Einwurzelung hergestellt.

## Kapitel III

## Durchführung des Chemieunterrichts unter den Bedingungen der regulären Schulpraxis

### 1 Auswahl des Themas der Unterrichtssequenz

Es soll demzufolge in dieser Arbeit versucht werden, sich auf die Grundphänomene der Chemie, nämlich die Stoffe und die Reaktionen, also das Verschwinden und Erscheinen von Stoffen, zu konzentrieren, um ein genetisches Lehren und Lernen im Chemieunterricht zu ermöglichen.
Aus diesem Grund wurde das Thema *Chemische Reaktion* für die Unterrichtssequenz ausgewählt. Dabei geht es darum, diese Unterrichtssequenz auf der Grundlage der Wagenscheindidaktik zu entwickeln, sie durchzuführen, unter Verzicht auf Einführung eines anschaulichen Teilchenmodells die Bestimmungsstücke des Begriffes *Chemische Reaktion* der Schülerinnen darzustellen, um dadurch die Bedingungen der Möglichkeiten eines Verstehensprozesses, der ein vertieftes Verstehen zum Ziel hat, auszuloten.
Erst im Anschluss daran wird im Unterricht ein Atombegriff eingeführt und zwar auf dem von Seilnacht beschriebenen Weg.[128] Dies ist dann nicht mehr Gegenstand der Untersuchung.

Die im ersten Teil dieser Arbeit (Teil IA) beschriebenen *Räume* der Wagenscheindidaktik bedürfen, wie ausgeführt, eines besonderen äußeren Rahmens, damit ein genetisch-sokratisch-exemplarischer Unterricht möglich wird, der wiederum die inneren Bedingungen eines Verstehensprozesses schaffen kann.
Wagenschein hat die äußeren und die inneren Bedingungen beschrieben; im folgenden wird die Unterrichtssequenz unter Bezug auf diese Bedingungen dargestellt.

### 2 Äußere organisatorische, räumliche und zeitliche Rahmenbedingungen als Voraussetzung für einen genetisch-sokratisch-exemplarischen Unterricht

Wagenschein schlägt, wie oben beschrieben, fünf zu beachtende Punkte für Lehrerinnen und Lehrer, die in einem so genannten *„Kurzstunden-Notstandsunterricht"* genetisch zu unterrichten beginnen wollen, vor:

> *„1. Nicht in allen Klassen, sondern zunächst in einer Klasse beginnen*
> *2. Zunächst nur eine Zeitlang genetisch unterrichten*
> *3. Persönlich vom Thema affiziert sein*
> *4. Mit der durch Kurzstunden erzeugten Methodik brechen.*
> *5. Sokratische Methode nach Leonard Nelson"* (Wagenschein 1989a, S. 116).

---

[128] Seilnacht hat diesen Weg an Hand der Reaktion von Kupfer mit Schwefel folgendermaßen beschrieben: *„Dieser Versuch stellt dann den Ausgangspunkt für eine Einführung in die Fachsprache der chemischen Reaktionsgleichungen dar. Auch hier verzichte ich auf ein Teilchenmodell. Ich verwende zunächst den Begriff der Stoffportionen. Eine bestimmte Stoffportion Schwefel reagiert mit einer bestimmten Stoffportion Kupfer zu einer bestimmten Stoffportion Kupfersulfid. An dieser Stelle fällt zum ersten Mal der Begriff „Atom". Ich verwende ihn ganz bewusst aus heiterem Himmel, sozusagen deus ex machina. Ich führe die Formelsprache ein und sage: ein Schwefelatom S reagiert mit zwei Kupferatomen 2Cu zu einem „Atomverband " $Cu_2S$, bestehend aus zwei Kupferatomen und einem Schwefelatom. Die Schüler stellen sich dann die Atome stückweise und einzeln im Schwefel und im Kupfer vor und „dass sie sich irgendwie zusammentun ". Und das ist legitim, denn Atome sind* individuell *und* zählbar. *Und diese Eigenschaft wird Ihnen nicht durch ein Teilchenmodell verdeutlicht, sondern durch die mathematisch präzise Formelsprache."* Buck, Rehm & Seilnacht 2004, S. 68.

Aus diesem Grund wird nur eine Unterrichtseinheit nach dem genetisch-sokratisch-exemplarischen Prinzip durchgeführt und auch diese, wie aus untenstehenden Stundenplänen hervorgeht, nicht in allen vier achten Klassen, sondern nur in den Klassen 8a und 8b.

Um mit der durch Kurzstunden erzeugten ergebnisorientierten Methodik zu brechen und um dem Verstehensprozess den nötigen Raum zu geben, stellt der Epochalunterricht für Wagenschein eine unverzichtbare Rahmenbedingung dar; die Doppelstunde kann in der Regelschule einen notdürftigen Ersatz hierfür bieten.
Daher wird die gesamte Unterrichteinheit in Doppelstunden organisiert.

**2.1 Einordnung in das Lehrgefüge des Jahresplans**
Die Unterrichtssequenz wird an einer Regelschule, der Max-Wittmann-Realschule[129] in Waldfischbach-Burgalben (Rheinland-Pfalz) durchgeführt. Daher kann sie nur an dem im Lehrplan vorgesehenen Ort stattfinden.
Das Thema „Chemische Reaktion" findet sich im entsprechenden Lehrplan als Unterrichtseinheit in Klasse 8 der Realschule:

***Unterrichteinheiten in Klasse 8*** (Zöller, Hubert (Hrsg.) o.J.):
8.1 Stoffe und ihre Eigenschaften
***8.2 Chemische Reaktionen***
8.3 Atombau – Modelle – PSE
8.4 Salze

Die Chemieanfangsunterricht in der Unterrichtseinheit 8.1 „Stoffe und ihre Eigenschaften" und die anschließende Einheit „Chemische Reaktionen", von der die ersten drei Doppelstunden videographiert werden, gliedern sich in nachstehende Stundenthemen, die letzte Doppelstunde der Einheit 8.1 zum Thema „Chromatographie" dient als Probeaufnahme. Das Metagespräch im Frühjahr 2006 wird ebenfalls auf Videoband aufgezeichnet.

Stundenthemen vom Beginn des Schuljahres 2005/2006 an:

1. Doppelstunde: Einführung, Sicherheitsbelehrung, Der Bunsenbrenner, Was ist ein Versuchsprotokoll?
2. Doppelstunde: Lernzirkel: Stoffe und ihre Eigenschaften - Stoffeigenschaften mit den Sinnen und mit Messinstrumenten erfassen
3. Doppelstunde: Steckbriefe von Stoffen (Salz, Schwefel, Kupfer, Eisen)
   → Hausaufgabe: Mein Lieblingsstoff - Steckbrief und Aufsatz
4. Doppelstunde: Aggregatzustände (Sokratisches Gespräch ) „Die innere Unruhe der Stoffe"
5. Doppelstunde: Schmelz- und Siedekurve
6. Doppelstunde: Reinstoff und Stoffgemisch - mischen und lösen
7. Doppelstunde: Vom Steinsalz zum Speisesalz – Stofftrennverfahren (Schülerübungsversuch)
8. Doppelstunde: Stofftrennverfahren - eine Zusammenfassung

[129] Seit 01. 08. 2009 heißt die Schule im Zuge der Schulstrukturreform Rheinland-Pfalz „Integrierte Gesamtschule und Realschule Plus Waldfischbach-Burgalben".

***Stundenthemen (videographiert):***

***Probeaufnahme:***

***9. Doppelstunde: Stofftrennverfahren Chromatographie***

***Untersuchungssequenz:***

***10. Doppelstunde: Golddünenversuch***

***11. Doppelstunde: Kann man Zellulosewatte schmelzen?***

***12. Doppelstunde: Reaktion von Kupfer mit Schwefel***

Stundenthemen Folgestunden:

13. Doppelstunde: weitere Sulfidbildungsreaktionen: Eisensulfid, Zinksulfid *(Lehrerdemonstrationsversuche) – Energetische Betrachtung chemischer Reaktionen*

14. Doppelstunde: Einführung eines Atommodells auf dem von Seilnacht beschriebenen Weg

15. Doppelstunde: Element und Verbindung

*Metagespräch im Frühjahr 2006 (videographiert)*

## 2.2 Zeitliche Organisation im Stundenplan des Lehrers:

**Lehrer Schönbeck Martin (SB)** Au.St.Er. Stundenplanerstellung

Schuljahr 2005/06, 1. Halbjahr, gültig ab Montag, den 05.09.2005

**Max-Wittmann-Realschule Waldfischbach**

| | Montag | Dienstag | Mittwoch | Donnerstag | Freitag |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.Std. | 10d<br>Che<br>O15 | 8a<br>Che<br>O15 | 9c<br>Math<br>GE3 | 9c<br>Math<br>GE3 | 10a<br>Che<br>O14 |
| 2.Std. | 10b<br>Che<br>O15 | 8a<br>Che<br>O15 | | 9c<br>Math<br>GE3 | 10d<br>Che<br>O14 |
| 3.Std. | 10c<br>Che<br>O14 | 8b<br>Che<br>O14 | 8d<br>Musik<br>U6 | 8c<br>Che<br>O14 | 8d<br>Che<br>O14 |
| 4.Std. | | 9c<br>Math<br>GE3 | 10a<br>Che<br>O14 | 8c<br>Che<br>O14 | 8d<br>Che<br>O14 |
| 5.Std. | 8a<br>Musik<br>E14 | 10c<br>Che<br>O14 | 8b<br>Che<br>O14 | | |
| 6.Std. | 10b<br>Musik<br>O2 | 10b<br>Che<br>O14 | 8c<br>Musik<br>O4 | 10b<br>Musik<br>E14 | |

Für die Dauer der Unterrichtseinheit war es jedoch möglich, die Stunden so zu tauschen, dass nun in beiden Klassen 8a und 8b jeweils eine Doppelstunde Chemie pro Woche unterrichtet wurde:

**Lehrer Schönbeck Martin (SB)** Au.St.Er. Stundenplanerstellung
Schuljahr 2005/06, 1. Halbjahr, gültig ab Montag, den 05.09.2005

**Max-Wittmann-Realschule Waldfischbach**

| | Montag | Dienstag | Mittwoch | Donnerstag | Freitag |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.Std. | 10d<br>Che<br>O15 | 8a<br>Che<br>O15 | 9c<br>Math<br>GE3 | 9c<br>Math<br>GE3 | 10a<br>Che<br>O14 |
| 2.Std. | 10b<br>Che<br>O15 | 8a<br>Che<br>O15 | | 9c<br>Math<br>GE3 | 10d<br>Che<br>O14 |
| 3.Std. | 10c<br>Che<br>O14 | 8b<br>Che<br>O14 | 8d<br>Musik<br>U6 | 8c<br>Che<br>O14 | 8d<br>Che<br>O14 |
| 4.Std. | | 8b<br>Che<br>O14 | 10a<br>Che<br>O14 | 8c<br>Che<br>O14 | 8d<br>Che<br>O14 |
| 5.Std. | 8a<br>Musik<br>E14 | 10c<br>Che<br>O14 | 9c<br>Math<br>GE3 | | |
| 6.Std. | 10b<br>Musik<br>O2 | 10b<br>Che<br>O14 | 8c<br>Musik<br>O4 | 10b<br>Musik<br>E14 | |

Hand in Hand mit der Verlängerung der Arbeitszeiten durch Epochalunterricht beziehungsweise Doppelstunden, um so zeitliche Inseln, in denen der Verstehensprozess zu kristallisieren beginnen kann, zu schaffen, geht die Forderung Wagenscheins nach kleinen Lerngruppen und dem Schülerexperiment, um die einzelnen Schülerinnen einmal räumlich so dicht wie möglich an das Phänomen heranzubringen und um dem Prinzip der Selbsttätigkeit Rechnung zu tragen.

Daher steht ausgehend vom experimentellen Substanzbegriff am Beginn jeder Doppelstunde ein Schülerübungsexperiment. Dazu wird die Klasse in vier Kleingruppen zu jeweils vier bis sechs Schülerinnen eingeteilt, die das Experiment am Gruppentisch durchführen.

Das sokratische Gespräch findet dann in der ganzen Klasse im Stuhlkreis statt. Die Teilergebnisse im sokratischen Gespräch werden, wie in den Regeln zum sokratischen Gespräch beschrieben, an der Tafel zusammengefasst.
Die Sitzordnung wechselt demnach zwischen Stuhlkreis und Kleingruppe.

Um die so geschaffenen zeitlichen und räumlichen Inseln auch von unnötigem Wettbewerb und Leistungsdruck freizuhalten, werden während der Unterrichtssequenz keine Noten erteilt.

## 2.3 Innere Bedingungen für die Durchführung des Unterrichts

Stellen die dargestellten äußeren Rahmenbedingungen nur das Feld ab, auf dem sich ein genetisch-sokratisch-exemplarischer Unterrichts entfalten kann, so dienen letztlich Gesprächsregeln, heuristische Regeln usf. als Kriterien für das Lehrerverhalten im Unterricht, deren Befolgung nicht strikt planbar ist, sondern sich aus der Situation und der Gestimmtheit des Lehrers in der Situation ergibt. Dabei spielen die innere Aufrichtigkeit, die Vorbereitung und auch die Erfahrung des Lehrers als Leiter von sokratischen Gesprächen eine wichtige Rolle.

***Der Lehrer***

Der Lehrer versucht, sich auf die Rolle sokratischen Gesprächsleiters einzustimmen und sich eher als Moderator zu verstehen statt als Aushandelnder eines Ergebnisses. Dies geschieht vor allem dadurch, dass er versucht, keine Vorgaben in Hinblick auf Modellvorstellungen, quantitative Betrachtungen und Hochsprache zu machen und vor allem, dass er versucht, den Schülerinnen die Möglichkeit eines affektiven Zugangs zu einem direkt zugänglichen, rätselhaften Phänomen zu geben und dadurch die Anwesenheit der Wirklichkeit herzustellen.
Aus diesem Grund wurden die oben beschriebenen drei Versuche ausgewählt, die sich leicht von den Schülerinnen selbst durchführen lassen. Auch am Ende jeder Doppelstunde wird das Rätsel nicht durch den Lehrer „gelöst", sondern die ungeklärten Fragen bleiben für die folgende Stunde als Rätsel stehen, so dass der neue Versuch eine Möglichkeit der Erhellung der ungeklärten Fragen des vorhergehenden Versuchs bietet.

Während des Gesprächs gibt er allen Schülerinnen genügend Zeit, langsameren und schnelleren, sowie Mädchen und Jungen gleichermaßen, sich auf ihre Art zu äußern. Dies geschieht dadurch, dass zu Beginn jeder Gesprächsphase reihum nach den Beobachtungen, Deutungen, Begründungen gefragt wird, so dass jede Schülerin sich äußern ***kann***, nicht ***muss***. Dadurch versucht der Lehrer auch, die Atmosphäre des Vertrauens, die sich seit Schuljahresanfang entwickelt hat, auch während dieser Unterrichtseinheit weiter zu fördern, so dass sich eine Aufmerksamkeit mit den genannten vier Qualitäten (Bedächtigkeit, Intentionalität, Stellung zwischen aktiv und passiv, individuelle und kollektive Qualität) einstellen kann und der Aggregatzustand der Gruppe soll einen herrschaftsfreien Diskurs ermöglicht.

***Sokratisches Gespräch***

Die Gesprächsregeln des sokratischen Gesprächs (in ihrer Form nach Buck) werden vor der Durchführung der Unterrichtseinheit im Unterricht explizit besprochen:

- *Wir sitzen im Kreis*
- *Jede(r) sagt, was sie/er zur Sache meint, mit dem Ziel, die/den Anderen zu verstehen.*
- *Das heißt nicht, dass wir die Sache alle in der gleichen Weise verstehen sollen*
- *Wir experimentieren nicht unüberlegt drauf los*
- *Wir waschen uns am Ende die Hände (Buck 2003)*

Der Lehrer versucht, heuristische Regeln als Steuerungsmechanismen zu verwenden und keine inhaltlichen Vorgaben zu machen.

## 2.4 Phasierung der Unterrichtssequenz

Die Frontal- und Einzelarbeitsphasen werden in der folgenden Übersicht mit Großbuchstaben in fortlaufender Reihenfolge abgekürzt (A, B, C usw.), die Gruppenarbeitsphasen mit GA, GB usf. (Diese Bezeichnungsweise wird auch in den Transkripten zur genauen Kennzeichnung der Einzelbeiträge übernommen).

| Doppelstunde Datum | Stundenthema | Phase | | Sozialform |
|---|---|---|---|---|
| | | Kürzel | Bezeichnung | |
| Probe-aufnahme 22.11.2005 | Chromatographie | A | Einstieg | frontal – Schülerinnen an den Gruppentischen |
| | | GA | Hypothesen formulieren | Gruppenarbeit |
| | | B | Hypothesen zusammentragen | Klassengespräch – Schülerinnen an den Gruppentischen |
| | | GB | Experiment | Gruppenarbeit |
| | | C | Sokratisches Gespräch | Klassengespräch im Kreis |
| | | D | Versuchsprotokoll | Einzelarbeit an den Gruppentischen |
| 1 29.11.2005 | Golddünen | A | Einstieg | frontal – Schülerinnen an den Gruppentischen |
| | | GA | Hypothesen formulieren | Gruppenarbeit |
| | | B | Hypothesen zusammentragen | Klassengespräch – Schülerinnen an den Gruppentischen |
| | | GB | Experiment | Gruppenarbeit |
| | | C | Sokratisches Gespräch | Klassengespräch im Kreis |
| | | D | Versuchsprotokoll | Einzelarbeit an den Gruppentischen |
| 2 06.12.2005 | Kann Zellulosewatte schmelzen? | A | Einstieg | frontal – Schülerinnen an den Gruppentischen |
| | | GA | Hypothesen formulieren | Gruppenarbeit |
| | | B | Hypothesen zusammentragen | Klassengespräch – Schülerinnen an den Gruppentischen |
| | | GB | Experiment | Gruppenarbeit |
| | | C | Sokratisches Gespräch | Klassengespräch im Kreis |
| | | D | Versuchsprotokoll | Einzelarbeit an den Gruppentischen |
| 3 13.12.2005 | Reaktion von Kupfer und Schwefel | A | Einstieg | frontal – Schülerinnen an den Gruppentischen |
| | | GA | Hypothesen formulieren | Gruppenarbeit |
| | | B | Hypothesen zusammentragen | Klassengespräch – Schülerinnen an den Gruppentischen |
| | | GB | Experiment | Gruppenarbeit |
| | | C | Sokratisches Gespräch | Klassengespräch im Kreis |
| | | D | Versuchsprotokoll | Einzelarbeit an den Gruppentischen |
| 13.02.2006 | Reflexion | - | Metagespräch | Klassengespräch im Kreis |

# 3 Strukturskizzen der einzelnen Unterrichtsstunden (incl. der Probeaufnahmen)

## 3.1 Strukturskizze: Chromatographie

| Zeit / Phase | Interaktion | Organisation | Mögliche Fragen | Material |
|---|---|---|---|---|
| Einführung | Vorstellung, Begrüßung, Organisatorisches | Klasse | - | |
| Anleitung | Lehrer zeigt pantomimisch, wie der Versuch durchgeführt wird.<br>ZABH | Klasse | | Pro Gruppe:<br>Kristallisierschale<br>Becherglas mit Wasser<br>Filterpapier<br>Schere<br>Filzstift |
| Hypothese schriftlich formulieren | Hypothesen in der Klasse formulieren (Hinweis: gerne auch pfälzisch) | Klasse | Hast Du die Aufgabe schon früher gesehen? Oder hast Du dieselbe Aufgabe in einer wenig verschiedenen Form gesehen?<br>Kennst Du eine verwandte Aufgabe? | Blatt |
| Gespräch In den Schülergruppen | Versuch in Gruppen | Gruppen | | |
| Wahrnehmungen Schriftlich formulieren | Beobachten | Gruppen | Suche den Zusammenhang zwischen den Daten und der Unbekannten.<br>Was ist unbekannt? Was ist gegeben? Wie lautet die Bedingung?<br>Zeichne eine Figur! Führe eine passende Bezeichnung ein!<br>Trenne die verschiedenen Teile der Bedingungen! Kannst Du sie hinschreiben? | Blatt |
| | Wahrnehmungen in der Klasse formulieren (pfälzisch) | Klasse | | |
| | Zsf. Wahrnehmung | Klasse | | |
| Ergebnisse schriftlich formulieren | | Klasse | | Blatt |
| Sokratisches Gespräch | Ergebnis<br><br>Vergleich mit anderen Stofftrennverfahren | Klasse | Wenn Du die vorliegende Aufgabe nicht lösen kannst, so versuche, zuerst eine verwandte Aufgabe zu lösen. Kannst Du Dir eine zugänglichere verwandte Aufgabe denken?<br>Kannst Du etwas Förderliches aus den Daten ableiten?<br>Kannst Du Dir andere Daten denken, die geeignet sind, die Unbekannte zu bestimmen? Kannst Du die Unbekannte ändern oder die Daten oder, wenn nötig, beide, so daß die neue Unbekannte und die neuen Daten einander näher sind? | |
| Schluss / Hausaufgabe | Protokoll schreiben ZAB<br>Versuch zu Hause noch einmal durchführen und Chromatogramm ins Heft kleben. | Klasse | | |

## 3.2 Strukturskizze: Golddünenversuch

| Zeit / Phase | Interaktion | Organisation | Mögliche Fragen | Material |
|---|---|---|---|---|
| Einführung | Überleitung zum neuen Thema:<br>Etwas ganz Neues für die nächsten drei Stunden: Wir beginnen mit einem Versuch. Dazu habe ich Euch schon einmal den „Tisch gedeckt". | Klasse | Welche Geräte könnt ihr benennen? | Pro Gruppe:<br>Petrischale<br>Becherglas mit Wasser<br>Zwei Spatellöffel<br>auf einer Unterlage aus schwarzem Papier<br>Die zwei Uhrgläser mit Bleinitrat (Stoff 1) und Kaliumjodid (Stoff 2) werden erst später ausgeteilt. |
| Anleitung | Ich habe jetzt hier zwei Stoffe: Stoff 1 und Stoff 2<br><br>Sicherheitsbelehrung: Beide Stoffe sind giftig: nicht anfassen, auf gar keinen Fall in die Augen oder in den Mund bringen! Schutzbrille aufsetzen!<br><br>Zweck: Was passiert, wenn beide Stoffe an unterschiedlichen Stellen ins Wasser gegeben werden?<br><br>Also werden wir nachher: die Petrischale mit Wasser füllen, eine Spatelspitze von Stoff 1 mit dem einen Spatellöffel links und eine Spatelspitze von Stoff 2 mit dem anderen Spatellöffel rechts ins Wasser geben und **nicht rühren**!<br><br>ZABH | Klasse | Betrachtet die Stoffe: Können wir jetzt schon einige Eigenschaften dieser Stoffe nennen? | Zwei Stoffe auf den Uhrgläsern |
| Hypothese schriftlich formulieren | Hypothesen in der Klasse formulieren (pfälzisch) | Klasse | | Blatt |
| Gespräch In den Schülergruppen | Versuch in Gruppen | Gruppen | | |
| Wahrnehmungen Schriftlich formulieren | Beobachten | Gruppen | | Blatt |
| | Wahrnehmungen in der Klasse formulieren (pfälzisch) | Klasse | | |
| | Zsf. Wahrnehmung | Klasse | | |
| Ergebnisse schriftlich formulieren | | Klasse | | Blatt |
| Sokratisches Gespräch | Ergebnis<br><br>Vergleich mit dem ersten Versuch | Klasse | | |
| Schluss / Hausaufgabe | Protokoll schreiben ZAB | Klasse | | |

Anmerkung: Die Kürzel ZABHWE stehen für die einzelnen Stücke des Versuchsprotokolls, wie es die Schülerinnen aus dem bisherigen Unterricht gewöhnt sind: Zweck (Fragestellung), Aufbau (Zeichnung mit Beschriftung), Beschreibung (Versuchsdurchführung), Hypothese(n), Wahrnehmung(en) Ergebnis mit Erklärung und mach Möglichkeit der Beantwortung der Eingangsfrage.

## 3.3 Strukturskizze: Pyrolyse von Zellulosewatte

| Zeit / Phase | Interaktion | Organisation | Mögliche Lehrerfragen /Schülerbeiträge | Material |
|---|---|---|---|---|
| Einführung | Wiederholung:<br>Was hatten wir in der letzten Stunde gesehen? Welche Fragen waren aufgekommen?<br>Jeder Schüler ordnet sich noch einmal den an der Tafel stehenden Positionen zu (Rückseite des Blattes – Kontrolle, ob die Schüler bei ihrer Meinung geblieben sind oder nicht)<br>Der zweite Versuch gehört zum gleichen Thema. | Kreis | | **Folie letzte Std.**<br>**Projektor**<br>Watte, RG<br>Holzspieß<br>RG-halter<br>Bunsenbrenner<br>Schutzbrille<br>Haargummis |
| Anleitung | Ich habe euch hier einen Stoff mitgebracht, den jeder kennt.<br>WATTE HERUMGEBEN<br>Eigenschaften an die Tafel schreiben lassen<br>Pantomimisch den Versuch vormachen, (Brenner wirklich anzünden- Reihenfolge wird dadurch wiederholt (Sicherheit))<br>Zweck: Was passiert wenn die Watte im RG erwärmt wird?<br>ZABH | Kreis | Betrachtet die Watte<br>Können wir einige Eigenschaften der Watte nennen?<br>Ist Watte ein reiner Stoff oder eine Mischung aus verschiedenen Stoffen?<br>Mögl.Beitrag: Luft und Fäden | Watte<br>Tafel |
| Hypothese schriftlich formulieren | Hypothesen in der Klasse formulieren (pfälzisch) | Kreis | **Mögliche Hypothesen:** Watte verglüht<br>Watte schmilzt<br>Watte schmilzt und bleibt weiß<br>Es verfärbt sich, beginnt zu qualmen<br>Gas steigt auf und das Gas brennt<br>Watte dehnt sich aus<br>Es schmurgelt/wird versengt<br>Es kokelt<br>Watte beginnt zu brennen<br>Wird schwarz/Schwärzt<br>Watte wird gasförmig<br>Es stinkt bestimmt | Blatt |
| Gruppengespräch | Versuch in Gruppen | Gruppen | | |
| Wahrnehmungen Schriftlich formulieren | Beobachten | Gruppen | **Mögliche Wahrnehmungen:** Verfärbt sich/wird schwarz/verkohlt<br>Fängt an zu qualmen/weißer Rauch/Dampf steigt auf<br>Riecht verbrannt<br>Es bildet sich Gas<br>Watte zieht sich zusammen.<br>Wir haben eine (gelbe) Flüssigkeit.<br>Das Reagenzglas beschlägt. | Blatt |
| | Wahrnehmungen in der Klasse formulieren (pfälzisch) | Klasse | Ggf. Eigenschaften der Produkte an die Tafel schreiben lassen | Tafel? |
| | Zsf. Wahrnehmung | Klasse | | |
| Ergebnisse schriftl.formulieren | | Klasse | | Blatt |
| Sokratisches Gespräch | Ergebnis<br><br>Einigung anstreben<br><br>Evtl.<br>Vergleich mit dem ersten Versuch | Klasse | **Mögliche Lehrerfragen:**<br>Ist das jetzt immer noch Watte?<br>Wie viele Stoffe sind jetzt da (woran erkennt man, dass etwas ein eigener Stoff ist?)?<br>War das Schwarze/flüssige/der Dampf schon vorher da?<br>Ist etwas so geblieben wie am Anfang?<br>**2. großer Schritt:**<br>Ist irgend etwas ähnlich dem Versuch von letzter Woche oder genau anders oder gleich?<br>**3. großer Schritt:**<br>Kennt ihr noch ähnliche Vorgänge aus dem täglichen Leben, also Vorgänge, bei denen etwas ähnliches abläuft wie heute oder letzte Woche? Was ist denn genau abgelaufen? Können wir das irgendwie zusammenfassen? Sind alle mit dem Satz einverstanden? (ggf. Rückseite) | Vielleicht 2. Folie |
| Schluss / Hausaufgabe | Protokoll schreiben ZAB | Klasse | | |

## 3.4 Strukturskizze: Reaktion von Kupfer und Schwefel

| Zeit / Phase | Interaktion | Organisation | Mögliche Fragen | Material |
|---|---|---|---|---|
| Einführung | Wiederholung:<br>Was hatten wir in der letzten Stunde gesehen? Welche Fragen waren aufgekommen? | Klasse | Welche Geräte könnt ihr benennen? | Pro Gruppe:<br>Kupferblech,<br>Schwefelpulver<br>Reagenzglas<br>Pinzette<br>Reagenzglashalter<br>Bunsenbrenner<br>Reagenzglasständer<br>Schutzbrille |
| Anleitung | ZABH<br><br>Zweck: Was passiert wenn Kupfer und Schwefel im RG erwärmt werden?<br><br>ZABH | Klasse | Wir kennen die beiden Stoffe: An welche Eigenschaften dieser Stoffe können wir uns erinnern? | |
| Hypothese schriftlich formulieren | Hypothesen in der Klasse formulieren (pfälzisch) | Klasse | | Blatt |
| Gespräch In den Schülergruppen | Versuch in Gruppen | Gruppen | | |
| Wahrnehmungen Schriftlich formulieren | Beobachten | Gruppen | | Blatt |
| | Wahrnehmungen in der Klasse formulieren (pfälzisch) | Klasse | | |
| | Zsf. Wahrnehmung | Klasse | | |
| Ergebnisse schriftlich formulieren | | Klasse | | Blatt |
| Sokratisches Gespräch | Ergebnis<br><br>Abschlussgespräch | Klasse | | |
| Schluss / Hausaufgabe | Protokoll schreiben ZAB | Klasse | | |

## 3.5 Strukturskizze: Metagespräch

| Zeit / Phase | Interaktion | Organisation | Fragen |
|---|---|---|---|
| Klassengespräch | Beantwortung der einzelnen Fragen im Stuhlkreis | Klasse | **Fragen zur Auswertung**<br>1. Hast du dich in den Gesprächsrunden wohl gefühlt? Woran lag das?<br>2. Wie fandest du die Gesprächsrunden im Stuhlkreis?<br>3. Waren die Gespräche für Dich ergiebig?<br>4. **Was** haben sie gebracht?<br>5. Waren die Gespräche hilfreich für das Verstehen?<br>6. Wie fandest du es, dass der Lehrer nicht gesagt hat „wie es ist"?<br>7. Sollte diese Form des Unterrichts noch mal stattfinden?<br>• Ja, immer.<br>• Ja, aber nur ab und zu.<br>• Nein, lieber nicht.<br>Begründe deine Antwort. |

### 3.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde die Planung der Unterrichtseinheit zum Thema *Chemische Reaktion* vorgestellt. Ziel ist es, ein *Vertieftes Verstehen* dessen, was eine chemische Reaktion ist, zu ermöglichen. Diese Unterrichtseinheit wird im normalen Chemieunterricht der Regelschule durchgeführt und basiert auf Wagenscheins genetisch-sokratisch-exemplarischen Lehrverfahren. Auch die weiteren Räume der Wagenscheindidaktik wurden bei der Planung mit einbezogen.
Zum Beschluss der Unterrichtseinheit wird ein Metagespräch im Sinne Heckmanns durchgeführt. Dieses erfolgt aus zwei Gründen: Zum einen nimmt es die Schülerinnen mit in die Reflexion über den Unterricht hinein, zum anderen dient es als Hilfe zur Evaluation.

Dabei erheben Unterrichtskonzeption und Unterrichtsplanung nicht der Anspruch einen rein wagenscheinschen Unterricht vorzustellen, vielmehr ist es der Versuch, im ***Sinne*** Wagenscheins an einer Regelschule zu unterrichten und so die Bedingungen der Möglichkeit eines *Vertieften Verstehens* bereitzustellen. Dazu fließen so viele wagenscheinsche Elemente wie möglich mit in die Unterrichtseinheit ein, ohne dass die klassische Lehrgangsdidaktik und der fragend-entwickelnde Unterricht abgelehnt oder aufgegeben werden sollen.

Der Autor erhebt dabei jedoch den Anspruch durch ebendiese Vorgangsweise durchaus in Wagenscheins Sinne zu handeln, der von *Inseln* spricht, die in den normalen Unterrichtsgang eingebaut werden sollen. Ziel bleibt es immer, die Möglichkeit des *Vertieften Verstehens* zu eröffnen.

# Kapitel IV

## Untersuchung der durchgeführten Unterrichtseinheit unter den Standards der Qualitativen Inhaltsanalyse, der Phänomenographie und des action research

### 1 Untersuchung der Unterrichtssequenz - Materialien und Methoden

In dieser Arbeit geht es um die Frage, inwieweit ein auf der Grundlage der Wagenscheindidaktik konzipierter Unterricht Schülerinnen in der Regelschule, *das heißt innerhalb des normalen Chemieunterrichts*, zu einem vertieften Verstehen von Chemie verhelfen kann.

Der Untersuchungsgegenstand ist ebenso ein Unterrichtsphänomen (Unter welchen Bedingungen tritt es auf?) wie auch ein Lernphänomen (Was geschieht bei der einzelnen Lernerin und wie kann ihr ihrem individuellen Bedürfnis nach geholfen werden, die angedeutete Kluft (oder den Bruch) zu überwinden?). Zusätzlich zur Untersuchung symptomatischer Lehr- und Lernsituationen verfolgt die Arbeit auch ein konstruktives Ziel: Wie kann der individuelle Unterricht des Autors so verbessert werden, dass *Vertieftes Verstehen* im Chemieunterricht zunehmend gefördert wird?

In theoretischen Teil wurden dazu die Bestimmungsstücke der Wagenscheindidaktik ausführlich dargestellt und der Begriff des *Vertieften Verstehens* als pädagogischer Fachbegriff auf der Grundlage der Phänomenologie Husserls eingeführt und für das Verstehen von dem, was eine Chemische Reaktion ist spezifiziert. Auf diesem Fundament wurden dann eine Unterrichtssequenz zum Thema *Chemische Reaktion* vorgestellt.
In diesem Teil geht es nun darum, die zentrale Frage zu operationalisieren und die entsprechenden Untersuchungsmethoden zuzuordnen.

#### 1.1 Forschungsfragen und zur Anwendung kommende Forschungsmethoden

Die im Arbeitstitel vorgegebene Fragestellung: *„Wie kann eine auf der Wagenscheindidaktik basierende Unterrichtkonzeption Schülerinnen an der Regelschule zu einem vertieften Verstehen von Chemie verhelfen?“* wird in vier Forschungsfragen konkretisiert:

***1. Forschungsfrage: Inwieweit kann man den gehaltenen Unterricht der Wagenscheindidaktik zuordnen?***
1.1 Wo fußt der gehaltene und untersuchte Unterricht auf der Wagenscheindidaktik?
1.2 An welchen Stellen geht er über die Wagenscheindidaktik hinaus?

***2. Forschungsfrage: Welche Variationen im Verstehen des chemischen Grundbegriffs Chemische Reaktion lassen sich feststellen?***
2.1 Rekonstruktion der Verständnisinhaltsklassen zum Thema *Chemische Reaktion*
2.2 Phänomenographische Kartierung des Verständnisspektrums *Chemische Reaktion*

***3. Forschungsfrage: Welche Schüleräußerungen und Lernwege deuten auf ein „vertieftes Verstehen“ des Phänomens Chemische Reaktion hin?***
3.1 Welche Schüleräußerungen deuten auf ein vertieftes Verstehen des Phänomens *Chemische Reaktion* hin?
3.2 Welche Lernwege sind in den „Landkarten des Verstehens“ erkennbar?

***4. Forschungsfrage: Inwieweit lässt sich das „vertiefte Verstehen" auf die Wagenscheindidaktik zurückführen?***
4.1 Erleben auch die Schülerinnen den Unterricht als „vertieft"?
4.2 Tritt „Verstehen" in den Vordergrund?
4.3 Was bedeutet „Verstehen" dabei für die Betroffenen?

Quer zu diesen vier Forschungsfragen liegt die fünfte Forschungsfrage:
***5. Inwieweit fand eine Weiterentwicklung im persönlichen Professionalisierungsprozess statt?***
5.1 In welcher Weise hat sich der Unterricht bei der Iteration geändert?
5.2 Inwieweit genügen die Änderungen den Kriterien eines Professionalisierungsprozesses?

Die erste Forschungsfrage beschäftigt sich dabei mit dem *Unterrichtsphänomen*, die zweite und dritte mit dem *Lernphänomen*. Mit der vierten Forschungsfrage wird versucht, die Ergebnisse der ersten drei zueinander in Relation zu setzen. Die fünfte Forschungsfrage blickt aus einer anderen Perspektive auf den gehaltenen Unterricht, indem sie sich mit dem eigenen Professionalisierungsprozess auseinandersetzt.

### 1.2. Materialien bei der Datenerhebung
Zur Klärung der Forschungsfragen wurden unterschiedliche Instrumente eingesetzt, die *Auswertungsmaterialien* lieferten. Diese werden im Folgenden systematisch vorgestellt:

***Videofilme der Unterrichtsstunden und der Metagespräche***
Es wurden in beiden untersuchten Klassen, Klasse 8a und Klasse 8b, jeweils die drei Doppelstunden der Unterrichtsequenz *Chemische Reaktion* videographiert. Bei den Phasen, in denen die Schülerinnen in Gruppen arbeiteten, wurden diese Arbeitsphasen von jeweils zwei der vier Schülergruppen aufgezeichnet. Die der Unterrichtsequenz vorausgehende Doppelstunde mit dem Thema *Chromatographie* wurde als Probeaufnahme ebenfalls in beiden Klassen aufgezeichnet, sowie auch die auf die Unterrichtssequenz folgenden Metagespräche. Alle Videofilme wurden wörtlich transkribiert.

***Fragebogen***
Im Anschluss an die Unterrichtsequenz wurde an jede Schülerin ein halbstandardisierter Fragebogen mit Fragen zum Unterrichtinhalt, zur Unterrichtsmethode sowie zu ihrem Verstehens-Begriff ausgegeben. Ein entsprechend modifizierter Fragebogen wurde auch an die Schülerinnen ausgegeben, die an der Iterationssequenz teilnahmen.

***Einzelinterviews***
Im Anschluss an die Unterrichtssequenz wurden mit elf Schüler/innen klinische Einzelinterviews durchgeführt. Diese Interviews wurden ebenfalls videographiert. Im Zuge des Triangulationsansatzes wurden die klinischen Einzelinterviews ***nicht*** vom Autor als unterrichtendem Lehrer, sondern von Peter Buck durchgeführt, um die zur Forschung notwendige reflexive Distanz[130] zu gewährleisten. Der Autor war auch bei der Aufnahme der Interviews nicht anwesend.

***Unterrichtstagebuch***
In der Zeit des Unterrichtsversuchs wurde ein Unterrichtstagebuch[131] geführt. Dieses findet sich im Anhang „Unterrichtstagebuch".

---

[130] Diese Frage wurde von Altrichter ausführlich diskutiert: Vergl.: Altrichter 1990, S. 159ff.
[131] Bei der Führung des Unterrichtstagebuches orientiert sich diese Arbeit an den von Altrichter und Posch vorgestellten Methoden der Aktionsforschung. Vergl.: Altrichter & Posch 1998.

***Welches Material wird zur Beantwortung der einzelnen Forschungsfragen herangezogen?***

| **Forschungsfrage** | **Material** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Videofilme | Fragebogen | Einzelinterviews | Unterrichtstagebuch |
| **1. Forschungsfrage: Inwieweit kann man den gehaltenen Unterricht der Wagenscheindidaktik zuordnen?** | | | | |
| 1.1 Wo fußt der gehaltene und untersuchte Unterricht auf der Wagenscheindidaktik? | X | | | |
| 1.2 An welchen Stellen geht er über die Wagenscheindidaktik hinaus? | X | | | |
| **2. Forschungsfrage: Welche Variationen im Verstehen des chemischen Grundbegriffs *Chemische Reaktion* lassen sich feststellen?** | | | | |
| 2.1 Rekonstruktion der Verständnisinhaltsklassen zum Thema *Chemische Reaktion* | X | X | X | |
| 2.2 Phänomenographische Kartierung des Verständnisspektrums *Chemische Reaktion* | X | X | X | |
| **3. Forschungsfrage: Welche Schüleräußerungen und Lernwege deuten auf ein „vertieftes Verstehen" des Phänomens *Chemische Reaktion* hin?** | | | | |
| 3.1 Welche Schüleräußerungen deuten auf ein vertieftes Verstehen des Phänomens *Chemische Reaktion* hin? | X | X | X | |
| 3.2 Welche Lernwege sind in den *Landkarten des Verstehens* erkennbar? | X | X | X | |
| **4. Forschungsfrage: Inwieweit lässt sich das *vertiefte Verstehen* auf die Wagenscheindidaktik zurückführen?** | | | | |
| 4.1 Erleben auch die Schülerinnen den Unterricht als *vertieft*? | X | X | X | |
| 4.2 Tritt *Verstehen* in den Vordergrund? | X | X | X | |
| 4.3 Was bedeutet *Verstehen* dabei für die Betroffenen? | X | X | X | |
| **5. Inwieweit fand eine Weiterentwicklung im persönlichen Professionalisierungsprozess statt?** | | | | |
| 5.1 In welcher Weise hat sich der Unterricht bei der Iteration geändert? | X | | | X |
| Inwieweit genügen die Änderungen den Kriterien eines Professionalisierungsprozesses? | X | | | X |

## 1.3 Methoden und Untersuchungsinstrumente zur Beantwortung der Forschungsfragen

***Methoden und Untersuchungsinstrumente zur 1.Forschungsfrage:***
1. Forschungsfrage: Inwieweit kann man den gehaltenen Unterricht der Wagenscheindidaktik zuordnen?
1.1Wo fußt der gehaltene und untersuchte Unterricht auf der Wagenscheindidaktik?
1.2 An welchen Stellen geht er über die Wagenscheindidaktik hinaus?

Solche schulpädagogische Fragen sind in ähnlicher Form mehrfach im Marburger Arbeitskreis von Hans Christoph Berg untersucht worden (Vergl. u.a.: Rohde 2003, sowie: Berg & Schulze (Hrsg.) 1997). Die dort entwickelte Methodik wird als Anregung zur Bildung eines Untersuchungsinstruments genommen. Ähnliche Arbeiten sind als Dissertation auf dem Gebiet der Musikdidaktik (Vergl.: Walter 2003: sowie: Lindner 2003) verfügbar. Das so entwickelte Untersuchungsinstrument bedient sich der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse (Vergl.: Mayring $^{9}$2007).

*Qualitative Inhaltsanalyse*
Bei dieser Analysemethode handelt es sich um eine *„systematische und intersubjektiv überprüfbare Textanalysemethode"* (Mayring 2000). Ihr Gegenstand ist fixierte Kommunikation (Vergl.: Mayring 2007, S. 12), in diesem Fall die vollständigen Transkripte der Videoaufzeichnungen der durchgeführten Unterrichtsstunden. Die Analyse läuft regelgeleitet und theoriegeleitet ab (Vergl.: Mayring 2007, S. 12), dabei orientiert sie sich an den von Mayring vorgestellten Grundkonzepten der Inhaltsanalyse (Vergl: Mayring 2000).

*Einordnung*
Fließen in die Planung der Unterrichtssequenz die äußeren Rahmenbedingungen als notwendige Voraussetzungen eines Wagenscheinschen Unterrichtes ein, so sind diese doch noch nicht hinreichend dafür, dass tatsächlich ein solcher stattfindet. Vielmehr sind die im theoretischen Teil beschriebenen Räume[132] nun insoweit zu operationalisieren, dass eine Kriterienliste vorliegt, anhand derer beurteilt werden kann, ob der Unterricht tatsächlich ein Wagenscheinscher Unterricht beziehungsweise ein auf der Wagenscheindidaktik aufbauender genannt werden kann. Es ist nicht die äußere Struktur, wie zum Beispiel die Organisationen des Unterrichts in Doppelstunden, das Fehlen der Zensurengebung während dieser Unterrichtssequenz oder das Gespräch im Stuhlkreis, die den Wagenscheinschen Unterricht ausmachen, sie schaffen nur die Bedingungen der Möglichkeiten eines solchen. Hier muss zusätzlich untersucht werden, ob die Unterrichtssequenz ihrem Wesen nach der Wagenscheindidaktik zugeordnet werden kann.

*Regelgeleitetheit*
Das Material wird in Analyseeinheiten, die den einzelnen Doppelstunden entsprechen, zerlegt und schrittweise bearbeitet. Eine besondere Bedeutung kommt bei der Beantwortung der fünften Forschungsfrage dann dem Iterationsprozess zu.

*Kategorien im Zentrum*
Aus dem im theoretischen Teil vorgestellten pädagogischen Ausgangspunkt, der Wagenscheindidaktik, werden Kategorien abgeleitet, die genau begründet werden und im Verlauf der Evaluation in einer Rückkopplungsschleife überarbeitet werden.

---

[132] Wie im theoretischen Teil erwähnt wird der Begriff des *Raumes* zur Beschreibung konstituierender Elemente der Wagenscheindidaktik im Wittgensteinschen Sinne verwendet. Vergl.: Wittgenstein 1994, S. X.

*Gütekriterien*
Mayring nennt für als Kriterien für die Qualität der Inhaltsanalyse zum einen die Validität im engeren Sinne und zum anderen die Reliabilität (Vergl.: Mayring 2007, auf Krippendorff beruhende Graphik auf S. 111). Die Reliabilität soll durch hier durch Forschertriangulation gesichert werden, das heißt, dass die Transkripte der videographierten Unterrichtsstunden zur Feststellung der Interkoderreliabilität zum einen von den ins Projekt eingearbeiteten Kodierern und zum anderen auch von außenstehenden Kodierern zur Zuordnung vorgelegt werden, um die Nachvollziehbarkeit sicherzustellen. Dabei gilt ein Übereinstimmungsgrad Cohens Kappa über 0.7 als ausreichend (Vergl: Mayring 2000, Abs. 7).
Kriterien für die Validität der Untersuchung sind die in der Rückkopplungsschleife erfolgte kommunikative Validierung im Rahmen einer Expertenschätzung sowie die semantische Gültigkeit der deduktiv[133] zustande gekommenen Kategorien (Definitionen, Kodierregeln Vergl. Vogel 2001, S.199)

*Vorgehensweise bei der Kategorienentwicklung*
Mayring stellt in seinem Beitrag zwei Hauptansätze der Kategorienentwicklung vor, die ***induktive Kategorienentwicklung***, bei der die Kategorien aus dem Material heraus entwickelt werden, und die ***deduktive Kategorienentwicklung***, bei der die Kategorien aus einer Theorie abgeleitet werden und das zu analysierende Material den so gewonnenen Kategorien methodisch abgesichert zugeordnet wird.

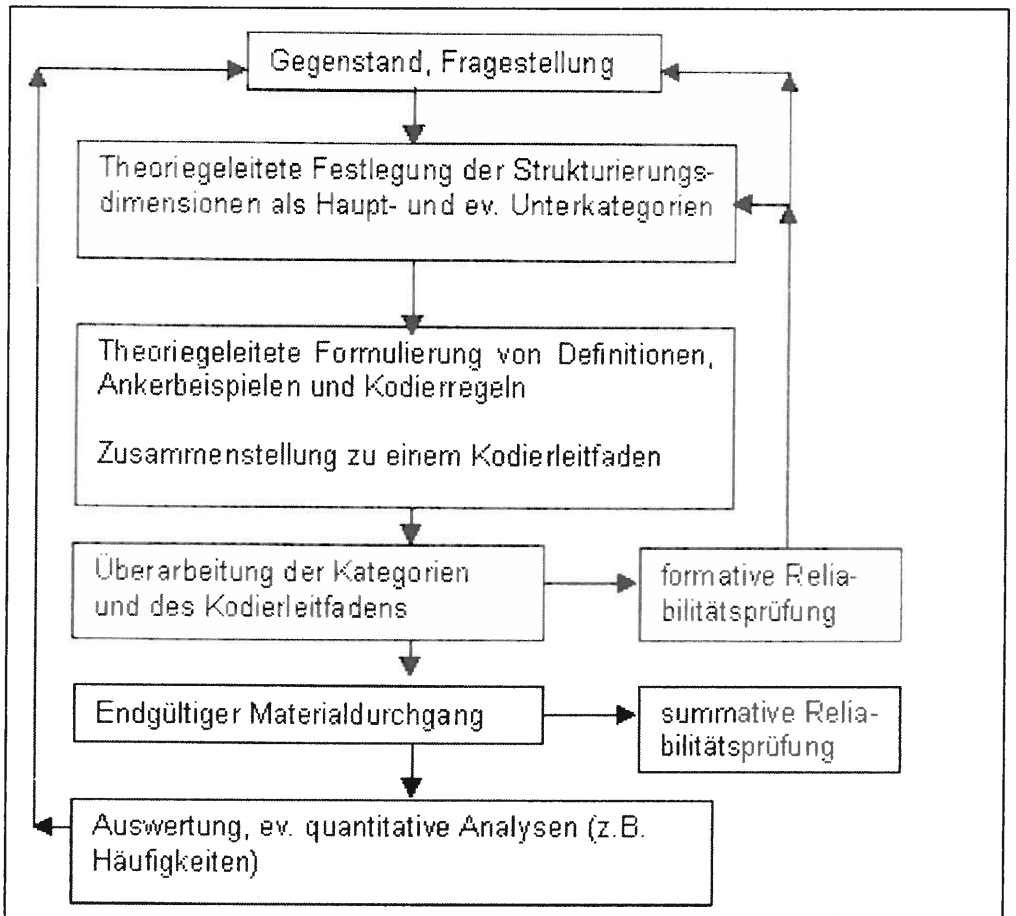


Abb. 2: Ablaufmodell deduktiver Kategorienanwendung (vgl. MAYRING 2000) [14]

aus: Mayring 2000

[133] Vergl. im folgenden Abschnitt über das Verfahren der Kategorienbildung

***Untersuchungsinstrument zur ersten Forschungsfrage: Inwieweit kann man den gehaltenen Unterricht der Wagenscheindidaktik zuordnen ?***

Die Untersuchung stützt sich auf die Videoaufnahmen beziehungsweise deren Transkriptionen.

Dazu werden für die einzelnen Räume Fragen formuliert[134], für die Unterkriterien ausgearbeitet werden, die dann zu deren Beantwortung herangezogen werden können. Der von Thomas Seilnacht für die Experimente im Chemieunterricht erarbeitete Kriterienkatalog, der oben vorgestellt wurde, fließt in diese Fragestellungen mit ein.

*Fragestellungen*

1. Hat ein genetischer Lehrgang stattgefunden?

Kernstück des Genetischen ist die Frage, ob tatsächlich ein Wachstum stattgefunden hat. Dazu wurden folgende Unterkriterien (Vergl.: Kap. I 1) formuliert, die im Folgenden noch weiter ausdifferenziert werden:

- Ist ein Wachstum des Wissens bei den Kindern zu erkennen, das heißt knüpfen die Kinder von selbst an vorgenannte Beiträge an und ist mit diesen Anknüpfungen ein Fortschreiten der Argumentation verbunden?
- Knüpft der Lehrer an vorgenannte Beiträge an?
- Wo liegt der Fokus des Lehrers:
  - auf ihm selbst?
  - auf seinen Lehrerhandlungen?
  - auf dem Verhalten der Schüler?
  - auf dem Lernen der Schüler?
  - auf der Sache?

  Unter welche dieser fünf Kategorien fallen die einzelnen Lehrerbeiträge beziehungsweise seine Handlungen?
- Tritt Verstehen in den Vordergrund?
  - Sagt der Lehrer, dass es um das Verstehen geht?
  - Macht der Lehrer deutlich, dass es um das individuelle Verstehen geht?
  - Werden aus Schüleräußerungen oder Schülerhandlungen deutlich, dass es den Schülerinnen um das Verstehen geht (Volition), oder deuten die Äußerungen und Handlungen daraufhin, dass die Schülerinnen lediglich ein Programm abspulen?

2. Kann man das Gespräch als ein neosokratisches Gespräch bezeichnen?

Dazu wurden folgende Unterkriterien (Vergl.: Kap. I 2) formuliert, die im Folgenden noch weiter ausdifferenziert werden:

- Welche Rolle nimmt der Lehrer ein? Die Rolle des Sokrates oder die Rolle des Wissensvermittlers im fragend-entwickelnden Unterricht, das heißt: Will der Lehrer verstehen, was seine Schülerinnen denken oder will er zu einem Ergebnis kommen?
  - Tritt er als Moderator des Gespräches oder als Aushandelnder eines Ergebnisses auf, das heißt findet die Aufmerksamkeitslenkung im Sinne von awareness (schau doch hin? Was ist der Unterschied? usw.) statt oder im Sinne von attention (Achtung! Verpasst nichts!)
  - Fragt der Lehrer nach, so dass die Schülerin es selbst finden kann oder weist er direkt auf etwas hin, indem er es ausspricht?

[134] analog zu Rohdes Untersuchungsinstrument: Rohde 2003 S.54f.

        - Stellt der Lehrer die Schülerinnen-Gedankengänge gegeneinander und veranlasst zum Abwägen oder strebt er einen einzigen Gedankengang an und selektiert die Schülerinnenbemerkungen nach Ergiebigkeit für dieses Flussbett und veranlasst zum Folgen?
        - Kommt man im Gespräch immer wieder auf frühere Schülerinnenäußerungen zurück oder werden diese selten aufgegriffen?
        - Vermittelt der Lehrer den Eindruck, dass er wissen will, was einer zur Sache meint und verzichtet er darauf, Schülerinnenantworten zu bewerten (auch implizit), oder vermittelt er den Eindruck, dass er's weiß und kann gute von schlechten Antworten unterscheiden (und markiert diese im f-e-Unterricht entsprechend)?
        - Bringt der Lehrer das Schülerverhalten in Beziehung zur Tätigkeit des Problemlösens („In wessen Schiene denkst du jetzt?") oder wertet er das Schülerverhalten?
    - Zeigt sich in der Tendenz: nur ***ein einziger*** Verstehensprozess einer Sache, nämlich der Verstehensprozess der Klasse oder in der Tendenz so ***viele*** Verstehensgeburten, wie es Schülerinnen gibt?
    - Hat sich der so genannte Aggregatzustand der Klasse geändert, das heißt: ist noch der *„Hundeblick auf den Lehrer"* zu sehen, beziehungsweise lassen sich Bemerkungen der Schüler finden, die der Person des Lehrers eine höhere Autorität einräumen als ihren eigenen Wahrnehmungen und Gedanken in dem Sinne, dass sie im Lehrer eine Art Hauptverwaltung der ewigen Wahrheiten sehen?
    - Arbeitet die Klasse an einem entstandenen Problem weiter, das für beide Klassen zwangsläufig verschieden ist, oder folgt der Lehrer einem allgemeinen Plan, der für beide Klassen gleich ist?
    - Folgt der Verlauf des Gespräches den oben angeführten Kriterien eines neosokratischen Gesprächs?
        - Wird der Bezug des Beispiels zur Fragestellung hergestellt?
        - Folgt der Versuch, im Diskurs einen Konsens herzustellen und das Beispiel zu verallgemeinern.
        - Werden die zentralen Kriterien für die Bestimmung des zu klärenden Begriffs oder Sachverhalts herausgearbeitet?
        - Werden die wesentlichen Schritte schriftlich fixiert und die Stellen, über die ein Konsens erzeugt wurde, markiert.
        - Sehen sich bei den Versuchen und im Gespräch alle gegenseitig (Kreisanordnung der Tische)?
    - Findet ein Metagespräch statt?

3. Ist der Unterricht ein exemplarischer Unterricht, das heißt unter anderem auch: kann das Experiment als Initiationsexperiment dienen?
   Dazu wurden folgende Unterfragen (Vergl.: Kap. I 3) formuliert:
   - Spiegelt das Beispiel auch für die Kinder das Ganze des Themas?
   - Ist der Lehrgang ein ungesicherter, das heißt, ein ergebnisoffener Lehrgang?

   Diese stellen die Frage nach dem exemplarischen Charakter des Unterrichts insgesamt; die Frage nach der Exemplarität des Unterrichts ist jedoch untrennbar mit der Frage nach dem Initiationsexperiment verwoben (Vergl. Kap. I 4).

4. Die Frage nach der Aufmerksamkeit im Unterricht:
   Dazu wurden folgende Unterfragen (Vergl.: Kap. I 4) formuliert:
   - Wird die oben beschriebene besonderer Art der Aufmerksamkeit hergestellt? Welche Kriterien sprechen für eine *Erwartsamkeit*[135]?
   - Kann man Aufmerksamkeit an Hand des Bildmateriales sehen und wenn ja, wie?
   - In welchen Phasen sprechen die Kinder über das Thema, in welchen Phasen beschäftigen sie sich mit anderen Sachen?
   - Verzichtet der Lehrer auf unnötiges Gängeln?

5. Verdichtung
   Die Frage nach der Verdichtung konkretisierte sich in folgender, doppelter Fragestellung (Vergl.: Kap. I 4):
   - Wo wird das Gespräch inhaltlich dichter, oder „zerfasert" es phasenweise?

6. Initiation
   Die Frage nach der Initiation konkretisierte sich in diesen Unterfragen (Vergl.: Kap. I 4):
   - Ruft das Initiationsphänomen ruft tiefgehendes Staunen hervor und erweckt es den Wunsch nach einer forschenden Tätigkeit? Spricht es die Sinne an und ist es ästhetisch ansprechend? Äußern sich die Schülerinnen spontan durch Wörter, die Rückschlüsse auf des Staunen zulassen („Cool" etc.) oder lässt sich aus ihrer Mimik oder Gestik (erstaunter Blick) auf ein Staunen schließen?
   - Erzeugt das Phänomen eine Fragehaltung? Werden die Fragen durch die Schüler notiert und auch geäußert?
   - Lassen die Experimente viele Variationen zu?
   - Sind die Experimente und die Variationen einfach und ungefährlich? Sind sie von allen durchführbar und vom Versuchsaufbau leicht durchschaubar?
   - Wird darauf verzichtet, eine schriftliche Arbeitsanleitung oder ein Arbeitsblatt vorzulegen: Erfolgen Versuchsanleitungen in der Initiationsphase oder punktuell bei der Einführung von Variationsmöglichkeiten durch mündliche Mitteilungen oder kurze Vorführungen durch den Lehrer oder durch andere Arbeitsgruppen?
   - Sind die Ausgangsbedingungen offen. Gilt vor allem für die Auswahl von Variationsexperimenten. Ist die Zeit zum Experimentieren sehr großzügig bemessen? Wird darauf verzichtet, auch indirekt, Lösungen vorzugeben?

7. Einwurzelung:
   Die Frage nach der Einwurzelung gliederte sich in diesen Unterfragen (Vergl.: Kap. I 4):
   - Besteht eine Einwurzelung in das Weltganze (das heißt: verwenden die Schülerinnen Vergleiche mit Gegenständen ihrer Welt – „Das ist genauso, wie bei...") beziehungsweise in die Weltsicht der Schülerinnen? das heißt: Ist eine Beziehung zum Weltganzen hergestellt? Verwenden die Schülerinnen Beziehungswörter?
   - Wo sprechen sie Hochdeutsch (die „gelernte Sprache"), wo Dialekt (die „eigene Sprache") ?

Diese Kriterien lassen sich in zwei Kategorien aufteilen:
- die Gesprächsanalysekriterien für die einzelnen Äußerungen
- die allgemeinen Gesprächsanalysekriterien, die für längere Gesprächsphasen beziehungsweise eine ganze Unterrichtssequenz herangezogen werden.

---

[135] *Erwartsamkeit* ist hier im Sinne einer Qualität der *awareness* gemeint, so wie sie im Kapitel 4.1 beschrieben wurde.

*Gesprächsanalysekriterien für einzelne Äußerungen*

| **Kriterium** | **Erläuterung** |
|---|---|
| S-Schüleräußerungen | |
| SK<br>SK1<br>SK2<br>SK3 | Schüler knüpft von selbst an vorgenannte Beiträge an.<br>1. nimmt Bezug auf vorgenannte Beiträge<br>2. führt die Argumentation weiter<br>3. greift alten Gesprächsfaden auf oder bringt völlig neuen Aspekt in das Gespräch mit ein |
| SA | Schüler suchen die Autorität des Lehrers in der Sache |
| SB | Schüler verwendet Beziehungs- oder Vergleichswörter |
| SD | Schüler spricht seine eigene, keine auswendig gelernte Sprache, auch Dialektwörter, um das Phänomen zu beschreiben |
| SV | Schülerverhalten lässt Rückschlüsse darauf zu, dass es den Schülerinnen um das Verstehen geht (Volition) |
| SW | Schülerin ist in Gedanken woanders und nicht beim Thema |
| Ssoz | Schülerin regelt das soziale Geschehen in der Gruppe/Klasse |

| L-Lehreräußerungen | |
|---|---|
| LK | Lehrer knüpft an vorgenannte Beiträge an |
| LM<br>LM1<br>LM2<br>LM3<br><br>LM4<br>LM5<br><br>LM6<br>LM7 | Lehrer verhält sich als Moderator des Gesprächs<br>1. Aufmerksamkeitslenkung im Sinn von Awareness<br>2. Lehrer fragt nach, so dass es die Schülerin selbst finden kann<br>3. Lehrer stellt Schülerinnen-Gedankengänge gegeneinander und veranlasst zum abwägen<br>4. Lehrer ist an der Meinung der Schülerinnen interessiert<br>5. Lehrer bringt Schülerverhalten in Bezug zur Tätigkeit des Problemlösens<br>6. Lehrer gibt die Frage an die Schülerinnen zurück<br>7. Lehrer fasst erarbeitete Ergebnisse in Rückschau auf die Facetten der Schüleräußerungen zusammen |
| LA<br>LA1<br>LA2<br>LA3<br>LA4<br><br>LA5<br>LA6 | Lehrer verhält sich als Aushandelnder des Ergebnisses<br>1. Aufmerksamkeitslenkung im Sinne von Attention<br>2. Lehrer weist direkt auf etwas hin<br>3. Lehrer selektiert Schülerbemerkungen<br>4. Lehrer vermittelt den Eindruck, dass er gute von schlechten Antworten unterscheiden kann<br>5. Lehrer wertet Schülerverhalten<br>6. Lehrer fasst erarbeitete Ergebnisse in Vorschau auf das von ihm angestrebte Lernziel zusammen |
| LF<br><br>LF1<br>LF2<br>LF3<br>LF4<br>LF5 | Lehrerverhalten lässt Rückschlüsse auf den Fokus des Lehrers zu, dieser liegt:<br>1. auf ihm selbst<br>2. auf seinen Lehrerhandlungen<br>3. auf dem Verhalten der Schüler<br>4. auf dem Lernen der Schüler<br>5. auf der Sache |
| LV<br>LV1<br>LV2 | Lehrer macht deutlich, dass es um das Verstehen geht<br>1. allgemein um das Verstehen<br>2. um das individuelle Verstehen |

| L-Lehreräußerungen | |
|---|---|
| LInit | Lehrer wirkt im wagenscheinschen Sinne als Initiator zur Verbindung der Lernenden mit der Sache durch Wechsel des Fokus und Wechsel der Rolle als Aushandelnder/Moderierender |
| LO<br>LOO<br>LOD<br>LOS<br><br>LOK | Lehrer organisiert das unterrichtliche Geschehen durch:<br>• Organisatorische Anweisungen (Nimm bitte den Spatel etc.)<br>• Direkte Anweisungen (Hör damit auf.)<br>• Klären der sozialen Verhältnisse (Ich bringe Dir das Blatt später)<br>• Klären eines Sachverhalts (In diesem Sinne ist das gemeint.) |

*Allgemeine Gesprächsanalysekriterien*

| **Kriterium** | **Erläuterung** |
|---|---|
| Verst Ind | Zeigt sich in der Tendenz: nur **ein einziger** Verstehensprozess einer Sache, nämlich der Verstehensprozess der Klasse oder in der Tendenz so **viele** Verstehensgeburten, wie es Schülerinnen gibt? |
| Verst Kla | Arbeitet die Klasse an einem entstandenen Problem weiter, das für beide Klassen zwangsläufig verschieden ist, oder folgt der Lehrer einem allgemeinen Plan, der für beide Klassen gleich ist? |
| Dicht | Wo wird das Gespräch inhaltlich dichter oder „zerfasert" es phasenweise? Ruft das Initiationsphänomen ruft tiefgehendes Staunen hervor und erweckt es den Wunsch nach einer forschenden Tätigkeit? Spricht es die Sinne an und ist es ästhetisch ansprechend? |
| Fra | Erzeugt das Phänomen eine Fragehaltung? Werden die Fragen durch die Schüler notiert und auch geäußert? |
| Ex Var | Lassen die Experimente viele Variationen zu? |
| Ex Ein | Sind die Experimente und die Variationen einfach und ungefährlich? Sind sie von allen durchführbar und vom Versuchsaufbau leicht durchschaubar? |
| Ex Anl | Wird darauf verzichtet, eine schriftliche Arbeitsanleitung oder ein Arbeitsblatt vorzulegen: Erfolgen Versuchsanleitungen in der Initiationsphase oder punktuell bei der Einführung von Variationsmöglichkeiten durch mündliche Mitteilungen oder kurze Vorführungen durch den Lehrer oder durch andere Arbeitsgruppen? |
| Ex Bed | Sind die Ausgangsbedingungen offen. Gilt vor allem für die Auswahl von Variationsexperimenten. Ist die Zeit zum Experimentieren sehr großzügig bemessen? Wird darauf verzichtet, auch indirekt, Lösungen vorzugeben? |

***Methoden und Untersuchungsinstrumente zur 2., 3. und 4. Forschungsfrage:***
Geht es bei der ersten Forschungsfrage darum, den Unterricht zu untersuchen, so befassen sich die zweite, dritte und vierte Forschungsfrage mit den Verstehensprozessen, einmal mit den kollektiven Verstehensprozessen der Klasse, zum anderen mit den individuellen Verstehensprozessen von elf Schülerinnen.
Da das *Verstehen* als besondere Qualität der Erkenntnis von bereits einer phänomenologischen Reduktion unterworfenen Gegenständen definiert wurde und somit in der Phänomenologie Husserls begründet ist, kommt zur Untersuchung der Verstehensprozesse die Phänomenographische Analyse zur Anwendung, die zum Ziel hat, zu beschreiben, wie Menschen Phänomene in der Lebenswelt erleben oder verstehen.

Diese drei Forschungsfragen stehen also in einem engen Zusammenhang:

2. Forschungsfrage: Welche Variationen im Verstehen des chemischen Grundbegriffs *Chemische Reaktion* lassen sich feststellen?
2.1 Rekonstruktion der Verständnisinhaltsklassen zum Thema *Chemische Reaktion*
2.2 Phänomenographische Kartierung des Verständnisspektrums *Chemische Reaktion*

3. Forschungsfrage: Welche Schüleräußerungen und Lernwege deuten auf ein „vertieftes Verstehen" des Phänomens *Chemische Reaktion* hin?
3.1 Welche Schüleräußerungen deuten auf ein vertieftes Verstehen des Phänomens *Chemische Reaktion* hin?
3.2 Welche Lernwege sind in den „Landkarten des Verstehens" erkennbar?
Die zur Anwendung kommende Untersuchungsmethode ist die auf Ference Marton zurückgehende Phänomenographische Analyse (Vergl.: Marton 1981, S. 177-200, sowie: Ramsden (Hrsg.) 1988, S. 81-108, sowie: Marton & Booth 1997, S. 110-136.).

4. Forschungsfrage: Inwieweit lässt sich das „vertiefte Verstehen" auf die Wagenscheindidaktik zurückführen?
4.1 Erleben auch die Schülerinnen den Unterricht als „vertieft"?
4.2 Tritt „Verstehen" in den Vordergrund?
4.3 Was bedeutet „Verstehen" dabei für die Betroffenen?

*Die Methode der Phänomenographie* (Marton 1981, S. 177-200)
Wenn man Verstehen als die Qualität des Erkennens bereits reduzierter Phänomene auffasst, Verstehen also eine Beziehung darstellt, geht man damit, wie erläutert[136], davon aus, dass sich Verstehen nicht direkt beobachten, sondern nur gleichsam aus einer Perspektive zweiter Ordnung rekonstruieren lässt.
Um als Querschnitt die Variationen im Verstehen des chemischen Grundbegriffs *Chemische Reaktion* in der Klasse und als Längsschnitt die Lernwege einzelner Schülerinnen im Prozess zu beschreiben, kommt die von Ference Marton in den 1970er Jahren in Schweden entwickelte Phänomenographische Analyse (Vergl.: Marton 1981, S.177-200) zur Anwendung.

Bei der Phänomenographie handelt es sich um eine qualitative Forschungsmethode, die sich, nicht wie die Phänomenologie mit den Phänomenen an sich, sondern für die Wege, wie Menschen Phänomene in der Lebenswelt erleben oder verstehen, beschäftigt.
Diese Wege und die Art wie die Menschen selbst diese Wege beschreiben, werden im Folgenden als *Konzeptionen* bezeichnet. Im Bezug auf das Verstehen umfassen diese

[136] im Kapitel über die Spezifizierung von *Verstehen* zum pädagogischen Fachbegriff (Vergl. Kap. I 5)

Konzeptionen etwa das $Verstehen_1$ und das $Verstehen_2$ aus der Buckschen Terminologie und haben damit eine individuelle Qualität. Im Unterschied dazu werden als *Kategorien* respektive im Kontext der in dieser Arbeit durchgeführten speziell auf das Verstehen ausgerichteten Untersuchung als *Verständnisinhaltsklassen* die in einer kollektiven Situation wie zum Beispiel Unterricht in der Gruppe auftretende Zugangsweisen bezeichnet.

Um den Gegenstand der Phänomenographie von dem der Phänomenologie abzugrenzen führt Marton folgendes Beispiel an: Die Fragestellung, warum einige Kinder in der Schule erfolgreicher sind als andere, ist eine Fragestellung, die sich mit dem Phänomen des Schulerfolges von Kindern beschäftigt. Die Frage jedoch, was Menschen über die Ursache des Schulerfolges von Kindern denken, ist eine Frage, die aus einer Perspektive zweiter Ordnung gestellt wird und die sich mit verschiedenen Zugangs-, Erlebens- und Verstehensweisen des Phänomens des Schulerfolges beschäftigt (Vergl.: Marton 1981, S. 177f.).
Letztere Perspektive ist die der Phänomenographie. Sie *„baut konzeptuell auf der Phänomenologie auf und unterscheidet sich von ihr insbesondere in der Zielsetzung, empirische Zugänge zu Lernen zu begründen."* (Murmann 2002, S.87). Phänomenologie und Phänomenographie haben den Gegenstand ihrer Forschung, nämlich das Erhellen menschlicher Erkenntnis, menschlicher Erfahrung und menschlichen Verstehens zum Gegenstand, insofern kann die Phänomenographie als zur Familie der Phänomenologie gehörig betrachtet werden, jedoch nur, wie Marton es formuliert, als eine Art angeheirateter Cousin, weil sie nur teilweise auf denselben Prinzipien und Theorien gründet wie die Phänomenologie (Vergl.: Marton & Booth 1997, S.117).

Die Unterscheidung zwischen den beiden Perspektiven grenzt die Gegenstände der Phänomenographie von denen der Phänomenologie ab und ist gleichzeitig das erste ihrer drei Hauptbestimmungsstücke (Vergl.: Marton 1981, S. 178ff..) Diese sind:

- die Unterscheidung zwischen der Perspektive erster Ordnung und der Perspektive zweiter Ordnung,
- die zentrale Rolle des Lerninhaltes,
- die geordneten Kategorien der Beschreibung als Hauptprodukt der phänomenographischen Forschung.

*Die Unterscheidung zwischen der Perspektive erster Ordnung und der Perspektive zweiter Ordnung*
Die Perspektive zweiter Ordnung beschreibt dabei die von anderen erlebten Phänomene, ihr Erkennen und die Tiefe des Verstehens als Qualität der phänomenologischen Erkenntnis (Vergl.: Murmann 2002, S.91). Dieses erkenntnistheoretische Fundament unterscheidet sich laut Marton (Vergl.: Murmann 2002, S.91) von der Beschreibung mentaler Repräsentationen beziehungsweise kognitiver Konstruktionen. Die Phänomenographie geht im *Ansatz* (Lybeck, Marton, Strömdahl & Tullberg 2003, S.64) anders vor als konstruktivistische Ansätze.[137]
Die Perspektive zweiter Ordnung birgt vielfältige pädagogische Möglichkeiten (Vergl.: Marton 1981, S. 178), weil mit ihr die Überzeugung einhergeht, dass die Qualität des Verstehens der Lerngegenstände der Schülerinnen wesentlich für die persönliche Bildung und Hand in Hand damit auch für den Lernerfolg ist. Aus diesem Grund ist es für die erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Forschung von zentraler Bedeutung, sich mit den Verständnisinhalten von Schülerinnen auseinander zu setzen, um die daraus resultierenden Erkenntnisse in die Curricula der Lehrerbildung sowie die methodische Gestaltung der schulischen Lehrpläne, Rahmenrichtlinien und Arbeitspläne einfließen zu lassen.

---

[137] Die phänomenographische Methode kann zwar auch im Rahmen einer Forschung angewendet werden, die von einem konstruktivistischen Standpunkt ausgeht, damit jedoch werden phänomenographische Ergebnisse zu Konstrukten umgedeutet und damit eingezwängt in das Korsett der darunter liegenden beherrschenden Erkenntnistheorie. Die Ergebnisse phänomenographischer Forschung, also die aus zweiter Ordnung gewonnenen Erkenntnisse, sind nicht durch die Einnahme der Perspektive der ersten Ordnung zu gewinnen. Die Mengen der Erkenntnisse beider Perspektiven sind disjunkt. vergl.: Marton 1981, S. 180.

Die Einnahme der Perspektive zweiter Ordnung ist einer großen Bandbreite weit gestreuter Forschungsprojekte gemein, daraus ergibt sich nach Marton die Notwendigkeit einer Reorganisation der Forschungsergebnisse in Hinblick auf die Lerninhalte (Vergl.: Marton 1981, S. 181, sowie Marton & Booth 1997, S.99).

*Die zentrale Rolle des Lerninhaltes*
Geht die phänomenographische Forschung im Rahmen des philosophisch-phänomenologischen Paradigmas davon aus, dass eine Trennung von Innen- und Außenwelt nicht sinnvoll ist, sondern dass die Erfahrung des Menschen einen eigenen für die pädagogische Forschung relevanten Gegenstand darstellt (Vergl.: Tullberg 2005, S.138), so ergibt sich daraus eine zentrale Rolle des Lerninhaltes. Inhalt und Struktur des Gelernten sind, so gesehen, nicht voneinander zu trennen, es gibt keine Erkenntnis ohne Inhalt und somit, weil Verstehen als Qualität der Erkenntnis aufgefasst wird, auch kein Verstehen ohne Inhalt.

*Der Zusammenhang der für die Beschreibung des Lernprozesses zentralen Begriffe awareness, experience und variation*
Darüber hinaus ist eine Erkenntnis immer auch an eine bestimmte Situation gebunden, innerhalb derer sich das Erkannte vom äußeren Umfeld abhebt (vergl.: Marton & Booth 1997, S. 83). Dazu ist eine Gerichtetheit des Bewusstseins auf den jeweiligen Erkenntnisgegenstand notwendig, die im theoretischen Teil mit dem Begriff *Intentionalität* beschrieben wurde (vergl. Kap. I 5). Marton & Booth verwenden hier für das Bewusstsein den Begriff *awareness*[138].

Nur weil sich der Erkenntnisgegenstand im Fokus der *awareness* befindet, hebt er sich von der umgebenden Situation ab und kann so erkannt werden (vergl. Marton & Booth 1997, S. 86). Wird ein Erkenntnisgegenstand in mehreren Situationen erfahren[139] (experienced), so kann von der jeweiligen Situation abstrahiert werden, und es kann sich in dem, was in der Vielfalt der Situationen erfahren wird, Bedeutung konstituieren (vergl. Marton & Booth 1997, S. 83). Diese die jeweiligen Situation transzendierende, bedeutungskonstituierende Beziehung nennen Marton & Booth ***Phänomen*** (vergl. Marton & Booth 1997, S. 82).
***Aus diesem Grunde ist in der vorliegenden Arbeit das Setting der Untersuchung so angelegt, dass chemische Reaktionen in unterschiedlichen Versuchen (unterschiedlichen Situationen) auftreten, so dass eine die jeweiligen Situation transzendierende, bedeutungskonstituierende Beziehung ermöglicht wird.***

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass dadurch, dass das Verstehen des Phänomens *Chemische Reaktion* selbst zum Gegenstand der Betrachtung wird, sich ein neuer Blick auf die Perspektive erster Ordnung und die Perspektive zweiter Ordnung ergibt, in der Hinsicht, dass der oben beschriebene scharfe Gegensatz beider Perspektiven nicht in dieser Form aufrechtzuerhalten ist, sondern beide konkurrierenden Perspektiven eingenommen werden und die Ergebnisse miteinander verglichen werden können (vergl. Marton & Booth S. 165)[140].

*Die Kategorien der Beschreibung als Hauptprodukt der phänomenographischen Forschung*
Die einzelnen Verstehens- und Erlebensvariationen eines Phänomens bei den Schülerinnen werden dabei nicht mehr nur als individuelle Qualitäten aufgefasst, sondern als Kategorien (Verständnisinhaltsklassen), die es zu rekonstruieren gilt. Die Anzahl dieser Kategorien ist laut Marton begrenzt (Vergl.: Orgill 2002, sowie: Orgill 2007 in Bodner & Orgill (Hrsg.), S. 132-151, sowie: Orgill, o.J.)

Für die phänomenographische Forschung ist es zunächst unerheblich, diese mit den Etikett „wahr" oder „falsch" zu bezeichnen, sondern es kommt ihr zunächst darauf an, nur die unterschiedlichen möglichen Konzeptionen eines Phänomens herauszustellen (Vergl.: Orgill 2002, sowie: Orgill 2007 in Bodner & Orgill (Hrsg.), S. 132-151, sowie: Orgill, o.J.). Die Aufgabe der Phänomenographie erschöpft sich jedoch nicht in der reinen Deskription unterschiedlicher Kategorien, sondern arbeitet deren zugrundeliegenden Bedeutungen heraus, von denen einige fundamentaler sind als andere (Vergl.: Marton 1981, S. 190). Dabei wird zwischen den logischen Beziehungen zwischen den Beschreibungskategorien und den empirisch gefundenen Beziehungen unterschieden (Vergl.: Lybeck, Marton, Strömdahl & Tullberg 2003, S. 84. Bei der Bildung der Kategorien haben die Schülerinnen unterschiedliche Herangehensweisen, beispielsweise unterscheiden diese sich durch den

---

[138] der auch mit *Aufmerksamkeit* (im Weilschen Sinne verstanden) oder *Gewahrwerden* übersetzt werden kann. Der Autor tendiert am ehesten zur Übersetzung *Gewahrwerden.*
[139] An dieser Stelle sei noch einmal auf die etymologische Bedeutung des Wortes *erfahren* hingewiesen (vergl. Kap. I 5).
[140] Eine ausführliche Erörterung würde jedoch an dieser Stelle den Rahmen der Arbeit sprengen, daher wurde bei der theoretischen Betrachtung nur auf den Zusammenhang verwiesen, der an für die vorliegende Untersuchung von Bedeutung ist.

unterschiedlichen Focus auf die Beziehung zwischen den Variablen einer Rechnung (Vergl.: Marton 1981, S. 185) – die eine Schülerin mag sich bei der Berechnung von Längen in einer Strahlensatzfigur auf die Verhältnisse konzentrieren, die aus den beiden Strahlensätzen resultieren, die andere hingegen auf die sich durch die Ähnlichkeit des Urbildes und des Bildes ergebenden Verhältnisse.

Die unterschiedlichen Konzeptionen lassen sich jedoch nicht nur zwischen verschiedenen Individuen beobachten, sondern auch innerhalb derselben Person (Vergl.: Marton 1981, S. 186). Dies mag mit einer persönlichen Entwicklung im Erleben desselben Phänomens bei der betreffenden Person zusammenhängen, jedoch lassen sich die einzelnen auf Piaget zurückgehenden Entwicklungsstufen nicht scharf voneinander trennen, so dass durchaus zwei oder sogar mehrere unterschiedlich komplexe und miteinander konkurrierende Konzeptionen bei ein und derselben Schülerin auftreten können (horizontale décalage - Vergl.: Marton 1981, S. 186). Die Entwicklung der Kategorien ist dabei nicht nur vom Lerninhalt abhängig, sondern auch vom entsprechenden Kontext, in der das Phänomen erfahren wird (Vergl.: Marton 1981, S. 194).

Die Kategorien lassen sich einteilen – bei den phänomenographischen Untersuchungen zum Molbegriff (Vergl.: Lybeck et al.2003, S.84) ergab sich beispielsweise eine hierarchische Einteilung – und die so geordneten Kategorien der Beschreibung sind als Hauptprodukt einer Forschung anzusehen, die die Perspektive zweiter Ordnung als Ausgangspunkt ihrer Untersuchungen nimmt (Vergl.: Marton 1981, S. 181). Nach der Durchführung der Untersuchung wird sich herausstellen, welcher Art die Ordnung der gefundenen Phänomenographischen Kategorien der empirisch festgestellten Deutungen des Phänomens *Chemische Reaktion* ist. Es wird davon ausgegangen, dass dasselbe Set von Kategorien der Beschreibung in unterschiedlichen Situationen auftritt und somit stabil und verallgemeinerbar, also valide ist, sogar wenn die einzelnen Personen in unterschiedlichen Situationen unterschiedliche Kategorien verwenden.

Dieses Set stellt damit quasi die verschiedenen Schichten der „verborgenen Welt" der Wege, die Welt zu verstehen dar. Damit sind nicht die der individuellen Wege, die Konzeptionen, sondern die kollektiven Kategorien der Wege der Wahrnehmung der Welt, die uns umgibt, gemeint. Es hat während des Forschungsprozesses also eine zweifache Abtrennung stattgefunden: die Abtrennung der Form der Beschreibung (Kategorie) von individuellen Konzeption (*thinking* - Vergl.: Marton 1981, S. 196) und von der individuellen Person (*thinker* - Vergl.: Marton 1981, S. 196). Diese Abtrennung ist einer phänomenologischen Reduktion vergleichbar, in diesem Sinne ist die Forschungsmethode der phänomenographischen Analyse im Habermas'schen Sinne zur Husserlschen Phänomenologie kohärent (Vergl.: Habermas 1992, S. 79). Das Ergebnis dieser Forschung kann laut Marton im Popperschen Sinne als *valide* (Vergl.: Marton 1981, S. 197) bezeichnet werden.

*Zielsetzung der Untersuchung der Verständnisinhaltsklassen und der Lernwege bei der Unterrichtseinheit Chemische Reaktion*

Die phänomenographische Untersuchung der Unterrichtseinheit zum Thema *Chemische Reaktion* orientiert sich methodisch an den *„Phänomenographischen Untersuchungen zum „Molbegriff""* (Lybeck et al. 2003, S.61-96). Damit ist auch die dreifache Zielsetzung sehr ähnlich: sie soll einen Beitrag leisten:

- einmal zur Chemie, indem sie das Verstehen des Begriffs *Chemische Reaktion* untersucht und durch die Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext zu einer *„größeren begrifflichen Klarheit"* (Lybeck et al. 2003. S.61) des Reaktionsbegriffs kommt.
- einmal zur phänomenographischen Erforschung von Verstehen, indem das Verstehen der Schülerinnen, das ja nie vom konkreten Lerninhalt getrennt werden kann, am Beispiel der *Chemischen Reaktion* analysiert wird.
- und einmal zur Chemiedidaktik, indem, wie auch für das Fach Physik von Wagenschein vorgeschlagen, ein Beispiel für Argumentationsmuster und Lernwege beim Thema *Chemische Reaktion* ausgeleuchtet wird, das Lehrerinnen für die Vorbereitung des Unterrichts das Set möglicher Kategorien in diesem Kontext aufzeigt und ihnen dadurch eine konkrete Hilfe für die Unterrichtsplanung an die Hand gibt.

Die Unterrichtssequenz ist in dieser Arbeit so konzipiert, dass die Bedingungen der Möglichkeit für alle Variationstypen gegeben sind. Weil dieselben Kategorien in unterschiedlichen Situationen auftreten (drei Versuche zum gleichen Thema) ist das Set der Kategorien/Verständnisinhaltsklassen stabil und verallgemeinerbar. Die Gesamtheit der Kategorien beschreibt dann ein kollektives Wissen (Vergl.: Marton 1981, S.196). *„Die Kategorien der Beschreibung, die darlegen, auf welche Weise ein Phänomen erfahren werden kann und die logischen Beziehungen zwischen diesen Beschreibungen konstituieren den Ergebnisraum dieses Phänomens.“* (Marton & Booth 1997, S. 136. übersetzt M.S.)

Der gefundene *Ergebnisraum* des Phänomens *Chemische Reaktion* wird mit Wagenscheins *Rangstufen des Verstehens* in der für die Chemie entwickelten Modifikation bzw. der Adaptation für Kompetenzentwicklungsstufen für die Kompetenz *Verstehen* durch Rehm (Rehm 2006 S. 23 – 44) verglichen. Das *Vertiefte Verstehen* als solches steht im Ergebnisraum der Untersuchung von Glen Helmstad auf der Stufe von *„Understanding as a realisation“* (Helmstad 1999, S. 138ff.

Im zweiten Schritt soll den individuellen Verstehensprozessen von elf Schülerinnen im Verlauf der Unterrichtssequenz und der darauffolgenden Auswertungsgespräche und Interviews nachgegangen und diese als Denkwege im Ergebnisraum wie auf einer Landkarte eingezeichnet werden.
Wenn es hier auch nicht um die Schematisierung von Argumentationsmustern geht wie in anderen phänomenographischen Untersuchungen, sondern um lernbiographische Wegbeschreibungen, so sind hier doch die Validierungsargumente der Martonschen Schule hierfür übernehmbar (Vergl.: Säljö 1988 in: Ramsden (Hrsg.) 1988, S. 32-48).

*Datenanalyse*
Die Datenanalyse deckt die individuellen Konzeptionen des Phänomens auf und legt die zugrundeliegenden Bedeutungen, die Kategorien frei, die sich anordnen lassen. Grundannahme phänomenographischer Forschung ist, dass es eine begrenzte Anzahl von Kategorien für ein bestimmtes Phänomen gibt, so dass sich das Phänomen durch die Kategorien vollständig beschreiben lässt (Vergl.: Booth 1997, S.135-159 nach Orgill o.J.).

Der Prozesses der Datenanalyse durchläuft dabei mehrere Stufen, um am Ende zu einer kollektiven Landkarte zu gelangen, auf der jedes auftretende Argumentationsmuster verortet werden kann (Vergl.: Lybeck et al. 2003, S. 69). Dabei werden die Transkripte der Unterrichtsstunden und der Metagespräche, die der Interviews und die Fragebögen sowohl auf Gemeinsamkeiten und Ähnlichkeiten hin untersucht.

Während des ersten Durchgangs der Datenanalyse werden die unterschiedlichen Kategorien bestimmt, die das Verständnis der einzelnen Schülerinnen zum Phänomen beschreiben.
Die dabei geltenden Regeln der Analyse sind die innere Konsistenz der Kategorien sowie die kleinstmögliche Anzahl an Kategorien, mit der das Phänomen vollständig beschrieben werden kann (Vergl.: Orgill o.J.).

In einem zweiten Untersuchungsschritt werden die Daten, also die Interviewtranskripte, Videotranskripte und die ausgefüllten Fragebögen daraufhin analysiert, ob die gefundenen Kategorien die in den Daten gefundenen Verständnisse vollständig und zutreffend beschreiben. Dieser zweite Schritt mündet in Anpassung der Kategorien und einem dritten, gegebenenfalls vierten und fünften Analyseschritt (Vergl.: Orgill o.J.), solange, bis eine innere Konsistenz erreicht ist.

Es wird dabei versucht, die einzelnen individuellen Ergebnisräume auf dem Hintergrund der so erstellten kollektiven Landkarte zu interpretieren. Dabei stößt man auf das Problem, dass diese ja erst aufgrund der einzelnen Ergebnisräume herausgearbeitet werden kann (Vergl.: Lybeck et al. 2003, S.61). Der dialektische Prozess des wechselnden Blickes auf die Teile und dann wieder auf das Ganze lässt eine Auffassung der Ergebnisräume als Räume im Wittgensteinschen Sinne (Vergl.: Wittgenstein 1994 S. X) zu. Damit ist der phänomenographische Forschungsprozess auch auf einer anderen Ebene kohärent zum Verstehensprozess aus Zuwendung und Aneignung, wie er oben beschrieben wurde.

Das Ergebnis, die kollektive Landkarte, von Marton auch als *„outcome space"* (Marton & Booth 1997, S. 136) bezeichnet, stellt das eine Ergebnis der Untersuchung dar: den Querschnitt der Verständnisinhaltsklassen und die Einordnung in Wagenscheins Rangstufen des Verstehens als ***Antwort auf die zweite Forschungsfrage.***
Das andere Ergebnis ist der Längsschnitt, das heißt die Untersuchung der Prozesse, die auf ein vertieftes Verstehen schließen lassen und die Darstellung der individuellen Lernwege einzelner Schülerinnen und deren Verortung auf der kollektiven Landkarte. Dieses Ergebnis ist dann die ***Antwort auf die dritte Forschungsfrage.***

*Gütekriterien*
Auch bei dem Querschnitt der gefundenen Kategorien in den Klassen sowie beim Längsschnitt der individuellen Lernwege werden die Ergebnisse im Rahmen eines Triangulationsansatzes abgesichert. In einer Datentriangulation werden die in beiden Klassen in den drei Doppelstunden gefundenen Kategorien miteinander verglichen, um damit die Validität, das ist in diesem Falle die Vollständigkeit der Beschreibung der Verstehensarten des Phänomens durch die in den Klassen gefundenen Kategorien, zu gewährleisten. Dazu werden, wie in der Übersicht beschrieben, die Transkripte der Unterrichtsstunden, der Metagespräche und der Interviews, sowie die Fragebögen herangezogen.

*Untersuchungsinstrumente zur zweiten, dritten und vierten Forschungsfrage*
Wird das Interview als zentrale Methode der Phänomenographie angesehen (Vergl.: Valfridsson 2009, S. 19), weil man dort den direkten Zugang zu den Auffassungen der befragten Person hat, so werden in dieser Arbeit im Zuge eines Triangulationsansatzes zusätzlich auch die klinischen Fragebögen und die Transkripte der videographierten Unterrichtsstunden und der Metagespräche zur Analyse herangezogen.

*Die zeitliche Anlage der Untersuchung*
Die Untersuchung wurde in zwei 8. Klassen an der Max-Wittmann-Realschule[141] Waldfischbach-Burgalben im Kreis Südwestpfalz[142] an folgenden Terminen (jeweils Doppelstunden) durchgeführt:

*1. Unterrichtssequenz* in den Klassen 8a und 8b im Schuljahr 2005/2006:

- Dienstag, 22. November 2005: Probeaufnahme und Chromatographie
- Dienstag, 29. November 2005: Golddünenversuch
- Dienstag, 06. Dezember 2005: Erhitzen von Zellulosewatte
- Dienstag, 13. Dezember 2005: Reaktion von Kupfer und Schwefel
- Dienstag, 14. Februar 2006 (jeweils eine Unterrichtsstunde): Metagespräch

[141] Seit dem Schuljahr 2009/2010 ist die Schule im Zuge der rheinland-pfälzischen Schulstrukturreform in eine Integrierte Gesamtschule umgewandelt worden und heißt nun *Integrierte Gesamtschule und Realschule plus Waldfischbach-Burgalben.*
[142] Südlich von Kaiserslautern in Rheinland-Pfalz

Der Unterricht fand in den normalen Chemiestunden genau nach Stundenplan statt, der Stundenplan für die im Anschluss an die Unterrichtssequenz stattfindenden Metagespräche und die klinischen Interviews ist hier abgedruckt.

| Zeit | | Dienstag, 14. 02. 2006 | Dienstag, 21. 02. 2006 | Mittwoch, 22. 02. 2006 |
|---|---|---|---|---|
| 1. | $7^{55}$ Uhr – $8^{40}$ Uhr | Metagespräch Klasse 8a | Pascal 8a | |
| 2. | $8^{40}$ Uhr – $9^{25}$ Uhr | Steven 8a | Franka 8a | |
| | Pause | | | |
| 3. | $9^{45}$ Uhr – $10^{30}$ Uhr | Metagespräch Klasse 8b | Fabian 8b | |
| 4. | $10^{30}$ Uhr – $11^{15}$ Uhr | Jannik 8a | | Julia K. 8b |
| | Pause | | | |
| 5. | $11^{30}$ Uhr – $12^{15}$ Uhr | Janina 8a | Patrick 8b | Max 8b |
| 6. | $12^{15}$ Uhr – $13^{00}$ Uhr | Sarah 8b | | Dominik 8b |

Stundenplan für die Auswertungsgespräche (Metagespräche) und die klinischen Einzelinterviews

*2.: Iterationssequenz* in der Klasse 8b im Schuljahr 2006/2007:

- Freitag, 12. Januar 2007 (Doppelstunde): Golddünenversuch
- anschließend: Metagespräch

*Die inhaltsbezogenen Instrumente der Untersuchung*

*Fragen zur Auswertung im Anschluss an die Unterrichtseinheit (Metagespräch)*

**Fragen zur Auswertung**

1. Hast du dich in den Gesprächsrunden wohl gefühlt? Woran lag das?
2. Wie fandest du die Gesprächsrunden im Stuhlkreis?
3. Waren die Gespräche für Dich ergiebig?
4. **Was** haben sie gebracht?
5. Waren die Gespräche hilfreich für das Verstehen?
6. Wie fandest du es, dass der Lehrer nicht gesagt hat „wie es ist"?
7. Sollte diese Form des Unterrichts noch mal stattfinden?
   - Ja, immer.
   - Ja, aber nur ab und zu.
   - Nein, lieber nicht.

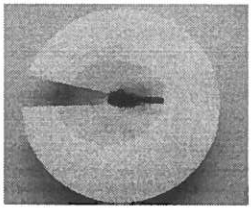
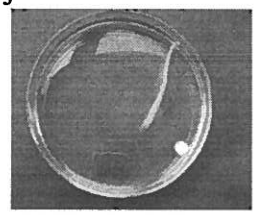
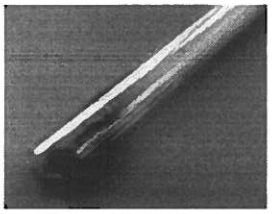
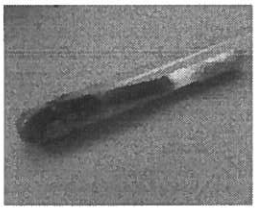
   Begründe deine Antwort.

*Fragebogen im Anschluss an die Unterrichtseinheit (von jeder Schülerin bearbeitet)*

## Auswertungsbogen

Wir haben an 4 Tagen 4 Versuche durchgeführt. Auf den Bildern ist jeweils das Ende des Versuchs aufgenommen.

**Nr.1** Schreibe bitte zu jedem Bild eine Bildunterschrift

_____ _____ _____ _____

Bitte beantworte die folgende Fragen **nach Deiner Überzeugung!**

**Nr.2** Kreuze in der Tabelle an, was Du für richtig hältst und erläutere:

| **Versuch 1** | **Versuch 2** | **Versuch 3** | **Versuch 4** |
|---|---|---|---|
| Es fand eine chemische Reaktion statt<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es fand eine chemische Reaktion statt<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es fand eine chemische Reaktion statt<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es fand eine chemische Reaktion statt<br>Ja ☐<br>Nein ☐ |
| Das habe ich in diesem Fall daran erkannt:<br>_____<br>_____<br>_____ | Das habe ich in diesem Fall daran erkannt:<br>_____<br>_____<br>_____ | Das habe ich in diesem Fall daran erkannt:<br>_____<br>_____<br>_____ | Das habe ich in diesem Fall daran erkannt:<br>_____<br>_____<br>_____ |

**Nr.3** Bitte beachte: In der Frage 4. wird nach *Farben* gefragt, in der Frage 5. nach Farb*stoffen.* Bedeuten für *Dich*, wenn *Du* sprichst, Farbe und Farbstoff dasselbe?

Ja ☐
Nein ☐
Manchmal Ja und manchmal Nein ☐
Darüber habe ich noch nie nachgedacht ☐

**Nr.4** Kreuze in der Tabelle an, was Du für richtig hältst und erläutere:

| Es sind ***neue*** **Farben** entstanden.<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind ***neue*** **Farben** entstanden.<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind ***neue*** **Farben** entstanden.<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind ***neue*** **Farben** entstanden.<br>Ja ☐<br>Nein ☐ |
|---|---|---|---|
| nenne die Farben, die in diesem Versuch *neu* auftraten:<br>_____<br>_____ | nenne die Farben, die in diesem Versuch *neu* auftraten:<br>_____<br>_____ | nenne die Farben, die in diesem Versuch *neu* auftraten:<br>_____<br>_____ | nenne die Farben, die in diesem Versuch *neu* auftraten:<br>_____<br>_____ |
| Es sind aber gleichzeitig auch *schon vorhandene* Farben *erhalten* geblieben<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind aber gleichzeitig auch *schon vorhandene* Farben *erhalten* geblieben<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind aber gleichzeitig auch *schon vorhandene* Farben *erhalten* geblieben<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind aber gleichzeitig auch *schon vorhandene* Farben *erhalten* geblieben<br>Ja ☐<br>Nein ☐ |

**Nr.5** Kreuze in der Tabelle an, was Du für richtig hältst und erläutere:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Es sind ***neue*** **Farbstoffe** entstanden.<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind ***neue*** **Farbstoffe** entstanden.<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind ***neue*** **Farbstoffe** entstanden.<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind ***neue*** **Farbstoffe** entstanden.<br>Ja ☐<br>Nein ☐ |
| nenne die Farbstoffe, die in diesem Versuch *neu* auftraten:<br>_____<br>_____ | nenne die Farbstoffe, die in diesem Versuch *neu* auftraten:<br>_____<br>_____ | nenne die Farbstoffe, die in diesem Versuch *neu* auftraten:<br>_____<br>_____ | nenne die Farbstoffe, die in diesem Versuch *neu* auftraten:<br>_____<br>_____ |
| Es sind aber gleichzeitig auch *schon vorhandene* Farbstoffe *erhalten* geblieben<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind aber gleichzeitig auch *schon vorhandene* Farbstoffe *erhalten* geblieben<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind aber gleichzeitig auch *schon vorhandene* Farbstoffe *erhalten* geblieben<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Es sind aber gleichzeitig auch *schon vorhandene* Farbstoffe *erhalten* geblieben<br>Ja ☐<br>Nein ☐ |

**Nr.6** Blieb die Zahl der Stoffe beim Versuch gleich?

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Ja,** sie änderte sich nicht, weil eigentlich nichts Neues entstand.☐<br>**Ja,** sie änderte sich nicht, weil gleich viele Stoffe entstanden und verschwanden. ☐<br>**Nein,** es entstanden **zusätzlich neue** Stoffe, die vorher nicht vorhanden waren. ☐<br>**Nein,** am Ende waren es insgesamt **mehr** Stoffe als am Anfang. ☐<br>**Nein,** am Ende waren es insgesamt **weniger** Stoffe als am Anfang.☐<br>**Ich weiß es nicht.** ☐ | **Ja,** sie änderte sich nicht, weil eigentlich nichts Neues entstand.☐<br>**Ja,** sie änderte sich nicht, weil gleich viele Stoffe entstanden und verschwanden. ☐<br>**Nein,** es entstanden **zusätzlich neue** Stoffe, die vorher nicht vorhanden waren. ☐<br>**Nein,** am Ende waren es insgesamt **mehr** Stoffe als am Anfang. ☐<br>**Nein,** am Ende waren es insgesamt **weniger** Stoffe als am Anfang.☐<br>**Ich weiß es nicht.** ☐ | **Ja,** sie änderte sich nicht, weil eigentlich nichts Neues entstand.☐<br>**Ja,** sie änderte sich nicht, weil gleich viele Stoffe entstanden und verschwanden. ☐<br>**Nein,** es entstanden **zusätzlich neue** Stoffe, die vorher nicht vorhanden waren. ☐<br>**Nein,** am Ende waren es insgesamt **mehr** Stoffe als am Anfang. ☐<br>**Nein,** am Ende waren es insgesamt **weniger** Stoffe als am Anfang.☐<br>**Ich weiß es nicht.** ☐ | **Ja,** sie änderte sich nicht, weil eigentlich nichts Neues entstand.☐<br>**Ja,** sie änderte sich nicht, weil gleich viele Stoffe entstanden und verschwanden. ☐<br>**Nein,** es entstanden **zusätzlich neue** Stoffe, die vorher nicht vorhanden waren. ☐<br>**Nein,** am Ende waren es insgesamt **mehr** Stoffe als am Anfang. ☐<br>**Nein,** am Ende waren es insgesamt **weniger** Stoffe als am Anfang.☐<br>**Ich weiß es nicht.** ☐ |

**Nr.7** Versuche mit Deinen eigenen Worten nochmals kurz und bündig zu beschreiben, was bei den 4 Versuchen passierte. Was war Deiner Meinung die Hauptsache und was sollte dabei gelernt werden?

**Versuch 1**

_____

_____

_____

_____

**Versuch 2**

_____

_____

_____

_____

**Versuch 3**

_____

_____

_____

_____

**Versuch 4**

_____

_____

_____

_____

**Nr.8.** Verstehst Du, was bei den einzelnen Versuchen „eigentlich" passierte?

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ja, ☐<br>Nein ☐<br>Im großen Ganzen schon ☐<br>Ja, so ungefähr ☐ | Ja, ☐<br>Nein ☐<br>Im großen Ganzen schon ☐<br>Ja, so ungefähr ☐ | Ja, ☐<br>Nein ☐<br>Im großen Ganzen schon ☐<br>Ja, so ungefähr ☐ | Ja, ☐<br>Nein ☐<br>Im großen Ganzen schon ☐<br>Ja, so ungefähr ☐ |
| Trotzdem bleiben noch Rätsel?<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Trotzdem bleiben noch Rätsel?<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Trotzdem bleiben noch Rätsel?<br>Ja ☐<br>Nein ☐ | Trotzdem bleiben noch Rätsel?<br>Ja ☐<br>Nein ☐ |

**Nr. 9** Woran merkst Du, ob Du etwas **wirklich** verstanden hast?

_____

_____

**Nr. 10** Fandest Du bei einem oder mehreren Versuchen etwas „schön" oder „cool"?

Ja ☐
Nein ☐

Nur, wenn Du **„JA"** angekreuzt hast: Bei welchem Versuch und was?

_____

_____

_____

*Leitlinie für die Schülerinterviews*

**2. Forschungsfrage:** Variationen
Phänomenographische Beschreibung des Verständnisspektrums „chemische Reaktion"
Verständnisinhalte der Klasse zum Thema „Chemische Reaktion"
**3. Forschungsfrage:** Welche Prozesse deuten auf ein vertieftes Verstehen des Phänomens „Chemische Reaktion" hin? Welche Lernwege sind in den „Landkarten des Verstehens" erkennbar?
**4. Forschungsfrage:** Inwieweit lässt sich das vertiefte Verstehen auf die Wagenscheindidaktik zurückführen?
Erleben die Schülerinnen den Unterricht als „vertieft"?
Tritt „Verstehen" in den Vordergrund?
Was bedeutet „Verstehen" dabei für die Betroffenen?

---

Die Fragen beziehen sich auf drei Felder, die sich aus den Forschungsfragen 2, 3 und 4 ergeben:

**1.1 Mögliche Fragen zum Inhalt**

- am Auswertungsfragebogen orientieren (wie du es gesagt hattest)
- Wie stellst du dir den Vorgang einer chemischen Reaktion vor?
- Kannst du den Vorgang zeichnen?
- Was geschieht mit den Stoffen?
- Hast du eine bildliche Vorstellung davon?

**1.2 Mögliche Fragen zum Lernprozess**

- Wie fandest du es, dass der Lehrer nicht einfach gesagt hat „wie es ist"? Was hat das gebracht?
- Glaubst du, dass die anderen Schüler verstanden haben, was du gedacht hast?
- Hast du verstanden, was die anderen Schüler gedacht haben?
- Glaubst du, dass du jetzt vom Vorgang einer chemischen Reaktion mehr verstanden hast, als wenn wir einfach nach dem Buch vorgegangen wären? Sei ganz ehrlich. Woran merkst du, dass du mehr/weniger als sonst verstanden hast?
- Wie erklärst du dir das?

**2 Mögliche Fragen zum eigenen Erleben des Unterrichts**

*„Erlebten die Schülerinnen den Unterricht als "vertieft"?"*

- Wenn du den Unterricht mit Eigenschaftswörtern beschreiben solltest, welche würdest du wählen:(oberflächlich, tiefschürfend, langatmig, produktiv, unproduktiv, interessant, langweilig, spannend,...) (eigene Wörter nennen)
- Welche Phase würdest du mit diesen Wörtern beschreiben? (Einleitung, Hypothesenbildung im Kreis, Gruppenarbeit mit Versuch, Wiederholung des Versuchs im Stuhlkreis, Deutung des Versuchs im Kreisgespräch)
- Wenn du dich noch erinnern kannst: Wie ist es dir persönlich ergangen, wie würdest du deinen Zustand beschreiben (zum Beispiel: aufmerksam, gespannt, gelangweilt, interessiert, müde, genervt,...) Fühlst du dich im normalen Unterricht genauso? Woran liegt das?
- Fandest du es eher leicht oder eher schwer, über deine Beobachtungen und deine Erklärungen für diese Beobachtungen zu sprechen? Was fandest du leicht, was fandest du schwer?
- Was müsste man am Unterricht noch ändern, damit es den Schülern leichter fällt, eine chemische Reaktion wirklich zu verstehen?

Aus zweierlei Hinsicht ist die Frage nach der Schülerperspektive von Bedeutung: Es geht um das von den lernenden Subjekten erlebte Verstehen und es geht um die Einschätzung solchen Verstehens durch den Lehrer. Individuelles Verstehen lässt sich allerdings nicht direkt beobachten, sondern nur rekonstruieren (Vergl.: Buck 1993, S. 225), demzufolge lassen sich nur Aussagen über das Verstehen einzelner Schülerinnen aus deren eigenen Aussagen über ihr persönliches Verstehen gewinnen. Der Forscher nimmt also eine Perspektive zweiter Ordnung ein (Vergl.: Marton 1981, S. 180).

***Methoden und Untersuchungsinstrumente zur 5. Forschungsfrage***

5. Forschungsfrage: Inwieweit fand eine Weiterentwicklung im persönlichen Professionalisierungsprozess statt?

5.1 In welcher Weise hat sich der Unterricht bei der Iteration geändert?

5.2 Inwieweit genügen die Änderungen den Kriterien eines Professionalisierungsprozesses?

Der Prozess der Unterrichtsverbesserung spielt sich ab in einem explizit reflektierten Professionalisierungsprozess. Er soll unter anderem den Zielen dienen, die Altrichter & Posch so formulieren: *„der individuellen Fortbildung (...), der Verbesserung der erforschten Praxis (...), der Weiterentwicklung des kollektiven Wissens der jeweiligen Profession"* (Altrichter & Posch 1998, S.330).

*Action Research*

Forschungsmethodisch ist dieser dritte Teil Arbeit damit der Aktionsforschung (Vergl.: Altrichter & Posch 1998) zuzuordnen: sie untersucht zum einen, wie auch beispielsweise Rohde[143] oder Murmann[144], symptomatische Lehr- und Lernsituationen in der Absicht, diese zu verbessern und verfolgt zum anderen im Rahmen der Professionalisierung das oben dargestellte konstruktive Ziel (Vergl.: Altrichter & Posch 1998, S.13f.). Dabei orientiert sich der Autor an dem von Altrichter in seiner Habilitationsschrift (Vergl.: Altrichter 1990, S.157ff.) skizzierten Forschungsprogramm *„Lehrerforschung"*. Sie fordern zur Qualitätssicherung der Forschung ein iteratives Verfahren (Vergl.: Altrichter & Posch 1998, S. 334). Dazu wird nach Sichtung der Fragebögen und des Unterrichtstagebuchs in einem iterativen Verfahren im folgenden Schuljahr, also dem Schuljahr 2006/2007 in einer achten Klasse noch einmal in verdichteter und reflektierter Form eine Doppelstunde zum Thema *Chemische Reaktion* durchgeführt.

Bei der Entwicklung der Wiederholungssequenz werden die persönlichen Reflexionen aus den gehaltenen Unterrichtsstunden mit einbezogen und danach im Zuge einer professionellen Weiterentwicklung diskutiert. Dazu werden die aus den Transkripten und dem Unterrichtstagebuch gewonnenen Lehreräußerungen und –reflexionen analysiert. Die Reflexion dieses Iterationsprozesses stellt nicht nur in einem persönlichen Sinn einen Ertrag der Arbeit dar, sondern soll vor allem Erfahrungen artikulieren, die in der Professionalisierungsdebatte zur Diskussion stehen. Altrichter und Posch subsumieren diesen erwarteten Ertrag unter den Gütekriterien von Aktionsforschung als *„Weiterentwicklung des professionellen Wissens der Lehrerschaft"* sowie *„Weiterentwicklung der erziehungswissenschaftlichen Forschung"* (Altrichter & Posch 1998, S.103).

Wolff-Michael Roth hat, basierend auf Donald Schöns *„Structure of Reflecting-in-Action"* (Schön 1983, S. 128ff.) die Einführung des Concept Mappings im naturwissenschaftlichen Unterricht untersucht (Vergl.: Roth 1995). Die ***in der reflektierten Unterrichtspraxis vom Lehrer gewonnenen Erkenntnisse*** möchte er dabei als valide Beiträge zur erziehungswissenschaftlichen Forschung verstanden wissen (Vergl.: Roth 1995, S. 280). Bei der Untersuchung symptomatischer Unterrichtssituationen verfolgt der Autor, analog zu Roth, eben diese zwei Ziele: die Untersuchung und die Verbesserung dieser auf der Wagenscheindidaktik beruhenden Unterrichtskonzeption und die Artikulation und Reflexion der dabei gemachten Erfahrungen.

---

[143] Rohde führte im Rahmen seiner Dissertation bei Hans Christoph Berg und Wolfgang Klafki eine Untersuchung zu seinem eigenen Unterricht durch. Vergl.: Rohde 2003.

[144] Murmanns Dissertation bei Hannelore Schwedes und Stefan von Aufschnaiter umfasst ebenfalls einen Unterrichtsversuch, der von ihr selbst gehalten wurde. Vergl.: Murmann 2002.

Die Einschätzung durch den Lehrer aber gehört zum Professionalisierungsaspekt der Arbeit. Die dabei zur Anwendung kommende Forschungsmethode ist die Aktionsforschung (Vergl.: Altrichter & Posch 1998). Als ein wesentliches Gütekriterium von Aktionsforschung nennen Altrichter & Posch die Hinzuziehung anderer Perspektiven, wie die Perspektiven anderer Personen beispielsweise der betroffenen Schüler, die Perspektiven durch andere Forschungsmethoden wie die, dass eine Unterrichtsbeobachtung durch Schülerinterviews ergänzt wird und solche, die sich aus der Untersuchung ähnlicher Situationen ergeben (Altrichter & Posch 1998, S. 105ff.). Dem wird dadurch Rechnung getragen, dass auch in der Iterationssequenz zusätzlich zu den Videoaufzeichnungen des Unterrichts ein Metagespräch in der Klasse durchgeführt wird, in deren Verlauf genau die Fragen nach dem eigenen Verstehen beziehungsweise nach der eigenen Definition des Verstehens und nach der eigenen Beurteilung des Unterrichts gestellt werden.

*Qualitative Inhaltsanalyse*
Die Schüler- und Lehreräußerungen werden wie im ersten Durchgang einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen und in diesem Zuge mit dem im Rahmen der ersten Forschungsfrage entwickelten Kategoriensystem analysiert[145]. Die professionelle Weiterentwicklung wird durch neue, die Reflexion des ersten Durchgangs mit einbeziehenden Kriterien beurteilt.

*Gütekriterien*
Das in der ersten Forschungsfrage entwickelte Kategoriensystem ist durch Interkoderreliabilität abgesichert. Auch die Zuordnungen der Äußerungen zu den neuen, weiterentwickelten Kategorien werden von einer weiteren Kodiererin vorgenommen, um die Interkoderreliabilität herzustellen.
Die im Rahmen der phänomenographischen Untersuchung im ersten Durchgang in den beiden Klassen gefundenen Kategorien der Verstehensarten des Phänomens spannen den Ergebnisraum auf, in den jetzt auch die Äußerungen, die in der Iterationssequenz gemacht wurden, eingetragen werden. Es wird danach geschaut, ob sich der gesamte Ergebnisraum auch durch die Äußerungen der einen Klasse aufspannen lässt, um damit die Validität, das ist in diesem Falle die Vollständigkeit der Beschreibung der Verstehensarten des Phänomens durch die in der einen Klasse der Wiederholungssequenz gefundenen Kategorien, zu gewährleisten.

*Untersuchungsinstrumente zur fünften Forschungsfrage*
Zunächst kommt das Untersuchungsinstrument zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage hier noch einmal zur Anwendung.
Um die Weiterentwicklung zu untersuchen wurden die Kategorien anhand von Leitfragen für die Moderation des Gesprächs, die sich aus der Reflexion der Ergebnisse der ersten Forschungsfrage, sowie der Lektüre des Unterrichtstagebuchs ergeben haben, noch einmal überarbeitet. Dieser Kriterienkatalog stellt das zweite Untersuchungsinstrument dar.
Der bei der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage aufgespannte Ergebnisraum stellt ein weiteres Untersuchungsinstrument dar, mit dem die in der Iterationssequenz gefundenen Äußerungen verglichen werden.
Die vier von Hericks empirisch festgestellten Entwicklungsaufgeben des Lehrerhandelns (vergl. Hericks 2006, S.94) liefern ein weiteres Untersuchungsinstrument, ein Raster, in dem die in der Reflexion des Professionalisierungsprozesses des Autors gefundenen Bearbeitungsstrategien verortet werden können.

[145] Das vollständige Transkript mit den entsprechenden Zuordnungen zu den Kategorien ist aus Platzgründen nicht abgedruckt.

## 2 Anlage und Durchführung der empirischen Untersuchung – Datenerhebung

Die Untersuchung gliedert sich in drei Teile, die sich aus den fünf Forschungsfragen ergeben. Jeder Teil erfordert eine der jeweiligen Forschungsfrage entsprechende Untersuchungsmethode; diese Untersuchungsmethoden wurden im vorstehenden Kapitel ausführlich beschrieben.

Der erste Teil bezieht sich auf die erste Forschungsfrage, nämlich inwieweit der gehaltene Unterricht der Wagenscheindidaktik zugeordnet werden kann. Hier wird das Unterrichtsphänomen mit Hilfe einer Qualitativen Inhaltsanalyse untersucht.

Der zweite Teil bezieht sich auf die zweite, dritte und vierte Forschungsfrage und ist eine Phänomenographische Analyse des Lern- beziehungsweise des Verstehensphänomens. In einem Quer- und einem Längsschnitt werden einmal die Kategorien (Verständnisinhaltsklassen) des Phänomens Chemische Reaktion in den beiden Schulkassen untersucht (zweite Forschungsfrage) und danach die individuellen Lernwege von elf Schülerinnen (dritte Forschungsfrage). Zum Beschluss des zweiten Teils wird der Frage nachgegangen, inwieweit die so gefundenen Kategorien und Lernwege auf die Wagenscheindidaktik zurückgeführt werden können (vierte Forschungsfrage).

Der dritte Teil bezieht sich auf die quer zu den anderen Untersuchungen liegende Frage nach dem Lehrer-Professionalisierungsprozess in Bezug auf die Wagenscheindidaktik (fünfte Forschungsfrage). Hierzu werden das im Zuge des action research angefertigte Unterrichtstagebuch und die Transkripte der Videoaufzeichnungen sowohl der ersten Untersuchungssequenz als auch der Iterationssequenz, die ein Jahr später stattfand, zur Evaluation herangezogen.

Mit dieser Gliederung folgt die Untersuchung sowohl dem äußeren als auch dem inneren Zusammenhang der fünf Forschungsfragen. Dem äußeren folgt sie, indem die Bedingungen der Möglichkeiten für ein vertieftes Verstehen im Chemieunterricht in der Lernumgebung Schule ausgelotet werden und dabei der Blick erst auf das Unterrichtsphänomen, dann auf das Lernphänomen und dann auf die Rolle des Lehrers gerichtet wird. Dem inneren Zusammenhang folgt sie, indem die im wittgensteinschen Sinne durchschrittenen Räume des Verstehensprozesses von der Bereitstellung der Umgebung bis hin zur den individuellen und überindividuellen Entwicklungsgängen in Blick genommen werden.

Die Datenerhebung umfasst die Videofilme der Unterrichtsstunden[146] und der Auswertungs-(Meta)gespräche, die halbstandardisierten Fragebögen, die klinischen Einzelinterviews sowie das Unterrichtstagebuch.

[146] Die hierzu erforderliche schriftliche Einverständniserklärung aller beteiligten Schülerinnen sowie deren Sorgeberechtigten liegt vor.

**2.1 Videofilme der Unterrichtsstunden und der Auswertungs- (Meta)gespräche**

Um einen Überblick über die durchgeführten Unterrichtsstunden, die Klassen und die genauen Bedingungen der Datenerhebung der empirischen Untersuchung zu geben, werden die Videofilme nach dem Dokumentationssystem zur Unterrichtsforschung (Hörner 1993 in Ulrich & Buck (Hrsg.) 1993 S. 307ff.) systematisiert. ***Die dabei den Unterrichtsstunden zugeordneten Archivnummern werden auch im weiteren Verlauf dieser Arbeit als Bezeichnung der Stunden beibehalten:***

I/II Datum der Aufzeichnungen und Produktionsnummern → Archivnummern

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2005 | 11 | 001 | 1. Doppelstunde 8a (05/06) (Probeaufnahme und Chromatographie) |
| 2005 | 11 | 002 | 1. Einzelstunde 8b (05/06) (Probeaufnahme und Chromatographie) |
| 2005 | 11 | 003 | 2. Doppelstunde 8a (05/06) (Golddünen) |
| 2005 | 11 | 004 | 2. Doppelstunde 8b (05/06) (Golddünen) |
| 2005 | 12 | 001 | 3. Doppelstunde 8a (05/06) (Pyrolyse von Zellulosewatte) |
| 2005 | 12 | 002 | 3. Doppelstunde 8b (05/06) (Pyrolyse von Zellulosewatte) |
| 2005 | 12 | 003 | 4. Doppelstunde 8a (05/06) (Reaktion von Kupfer und Schwefel) |
| 2005 | 12 | 004 | 4. Doppelstunde 8b (05/06) (Reaktion von Kupfer und Schwefel) |
| 2006 | 02 | 001 | Metagespräch 8a (05/06) |
| 2006 | 02 | 002 | Metagespräch 8b (05/06) |
| 2007 | 01 | 001 | Doppelstunde 8b (06/07) (Golddünen) |
| 2007 | 01 | 002 | Metagespräch 8b (06/07) |

III Initiator
02 (Lehrer)

IV Unterrichtender
02 (Lehrer)

V Name des Verantwortlichen
Martin Schönbeck (wurde hier nicht speziell codiert)

VI Teilnehmer der Aufzeichnung
Schulklasse
1 ja

VII Schulart
14 Realschule

VIII Art der Trägerschaft
03 staatlich

IX Klassenstufe
Klassenstufe 08

X Schülerzahlen
Klasse 8a (05/06): 22 21-25
Klasse 8b (05/06): 26 26-30
Klasse 8b (06/07): 26 26-30

XI Schülerzahlen nach Geschlechtern
Klasse 8a (05/06): Mädchen: 7 06-10 Jungen: 15 11-15
Klasse 8b (05/06): Mädchen: 11 11-15 Jungen: 15 11-15
Klasse 8b (06/07): Mädchen: 11 11-15 Jungen: 15 11-15

XII Angabe über Anzahl der Ausländerkinder
Klasse 8a (05/06): Mädchen: 0 0 Jungen: 1 01-05
Klasse 8b (05/06): Mädchen: 0 0 Jungen: 0 0
Klasse 8b (06/07): Mädchen: 0 0 Jungen: 0 0

| |
|---|
| XIII Unterrichtsfach<br>04 Chemie |
| XIV Unterrichtsthema<br>04.2 anorganische Chemie<br>nur in der 3. Doppelstunde<br>04.1 organische Chemie |
| XV (fehlt in der Hörnerschen Systematik, daher hier freigelassen) |
| XVI Unterrichtsformen<br>G.A. Kleingruppenarbeit und<br>U.G. Unterrichtsgespräch |
| XVII Tätigkeitsarten der Lernenden (Lernzieltaxonomie nach Bloom)<br>Ver. Verstehen |
| XVIII und XIX (fehlen in der Hörnerschen Systematik, daher hier freigelassen) |
| XX Lernziel erreicht<br>1 ja |

***Pädagogische und unterrichtsorganisatorische Rahmenbedingungen der Datenerhebung***
Diese Rahmenbedingungen entsprechen im wesentlichen den Rahmenbedingungen, die bei der Planung der Unterrichtssequenz erläutert wurden. Die wesentlichen, für die Datenerhebung bedeutsamen Stücke werden, weil es sich ja hier um die Untersuchung des Unterrichts, also um einen anderen Zusammenhang handelt, ausdrücklich noch einmal aufgegriffen.

Die Untersuchung wurde im normalen Chemieunterricht durchgeführt. Im Lehrgefüge des Jahresplans liegt die Unterrichtseinheit *Chemische Reaktion* zeitlich an dritter Stelle nach den Unterrichtseinheiten *Stoffe und ihre Eigenschaften* und *Trennverfahren von Stoffgemischen.* Damit fällt die Untersuchung in den Zeitraum nach den Herbstferien.
Da ein wagenscheinscher Unterricht in den Zeiten der sokratischen Gespräche auf Notengebung verzichtet, muss die Leistungsmessung vor und nach der Untersuchungssequenz durchgeführt werden; die *„Insel der sokratischen Gespräche"* darf also keinen zu langen Zeitraum einnehmen. Aus diesem Grund werden in der Klasse 8a in einer Doppelstunde und aus stundenplantechnischen Gründen in der Klasse 8b nur in einer Einzelstunde Probeaufnahmen zum Thema *Chromatographie* gemacht und dann jeweils drei Doppelstunden zum Thema *Chemische Reaktion* durchgeführt.
Die Probeaufnahmen dienen mehreren Zielen, zum einen, um die Schülerinnen an die Aufnahmesituation und die Unterrichtsform der sokratischen Gespräche heranzuführen, zum anderen, um die aufnahmetechnischen Bedingungen (Kameraposition, Stellung der Mikrofone, akustische Bedingungen (Hall, Störgeräusche) und Lichtverhältnisse im Saal unter Realbedingungen zu testen. Die Videofilme der Probeaufnahmen wurden ebenfalls komplett wörtlich transkribiert und, soweit möglich, in die Untersuchung mit einbezogen.

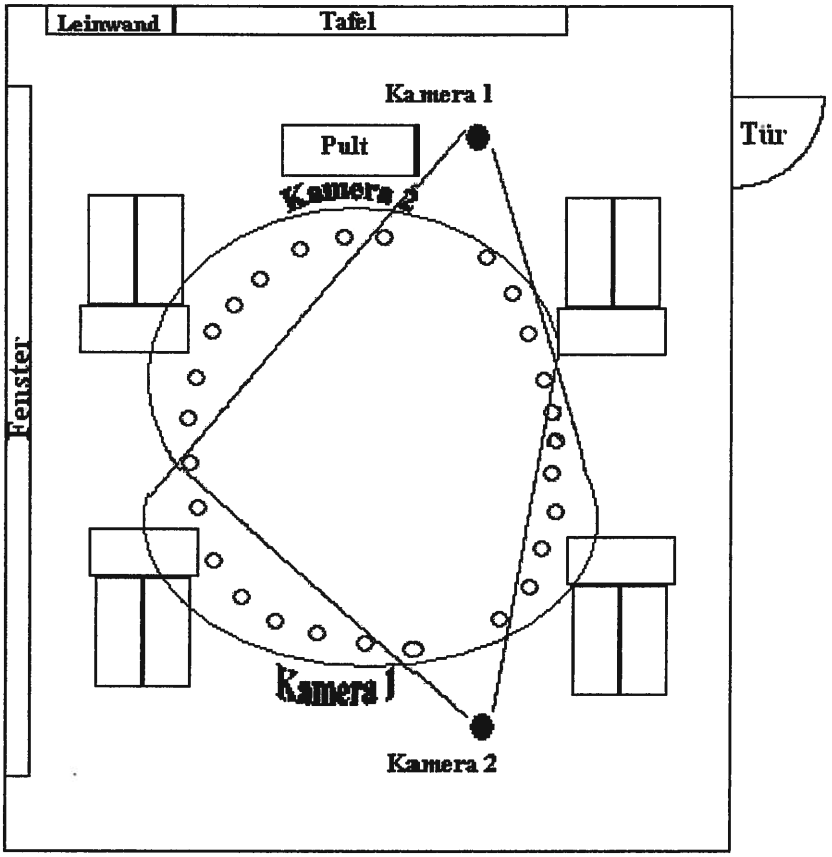
***Aktuelle Situation in den Klassen***
Die Klasse 8a (05/06) besteht aus 22 Schülerinnen, davon 15 Jungen und 7 Mädchen, die Klasse 8b (05/06) aus 26 Schülerinnen, davon 15 Jungen und 11 Mädchen. Beide Klassen haben seit Beginn des Schuljahres 2005/2006 Chemieunterricht. Die Klasse 8b (06/07): besteht aus 26 Schülerinnen, davon 11 Mädchen und 15 Jungen. In allen drei Klassen ist das Verhältnis der Schülerinnen untereinander und zu den Lehrern gut, es herrscht eine positive Lern- und Arbeitsatmosphäre.

***Räumliche Rahmenbedingungen***
Alle videographierten Unterrichtsstunden fanden in einem Klassenzimmer statt. Dies hatte mehrere Gründe. Zum einen war dieses Klassenzimmer bei jeder Aufzeichnung in den ersten vier Stunden verfügbar, zum anderen war es möglich, die Videokameras dort am Abend vorher zu installieren. Die Experimente konnten in diesem Klassenzimmer ohne weiteres durchgeführt werden. Wichtigster Grund für die Wahl des Klassenzimmer an Stelle des Chemie-Übungsraums war jedoch die Möglichkeit, die Möbel so zu bewegen, dass zwischen den unterschiedlichen Unterrichtphasen, also Kleingruppenarbeit und dem sokratischen Gespräch im Stuhlkreis problemlos gewechselt werden konnte.

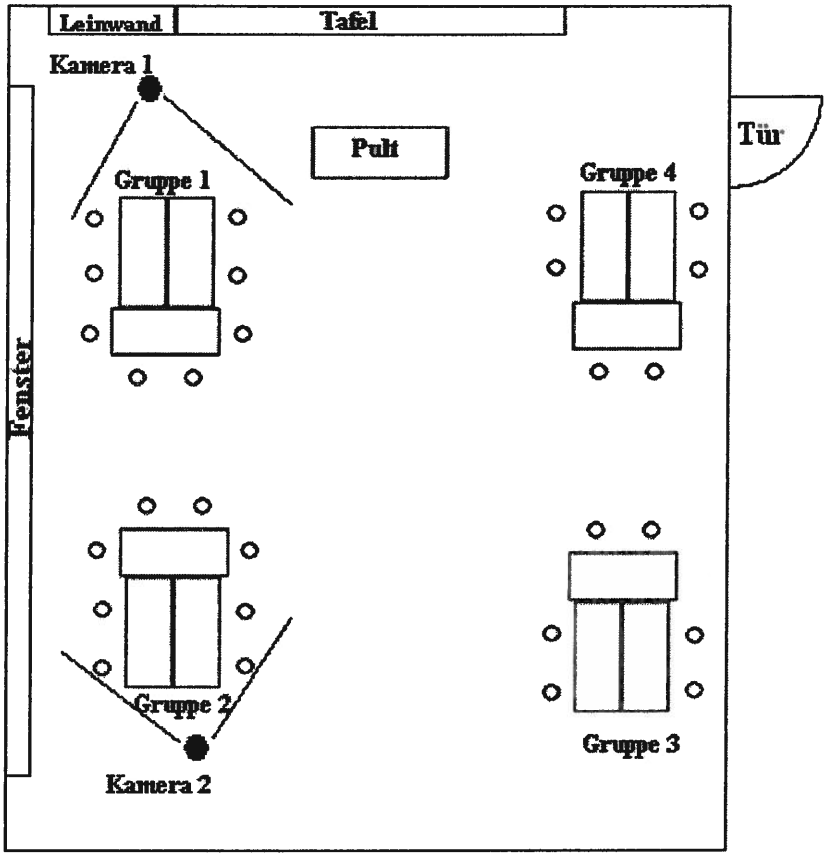
***Stichprobenauswahl für die Untersuchung des Unterrichts***
Von den vier achten Klassen wurden zwei für die Untersuchung ausgewählt. Dies hatte vor allem stundenplantechnische Gründe, da die Videoaufzeichnungen in den Parallelklassen so direkt hintereinander durchgeführt werden konnten und damit in jeder Woche nur ein Aufnahmetermin lag.
Es wurde immer die gesamte Doppelstunde mit jeweils zwei Videokameras aufgezeichnet. Bei den Unterrichtsgesprächen im Stuhlkreis wurde durchweg die ganze Klasse gefilmt. Die Kameras wurden dazu so postiert, dass jede Schülerin immer von mindestens einer Kamera erfasst wurde.
Beide Klassen (8a (05/06) und 8b (05/06)) führten die Experimente in vier Kleingruppen durch, von denen jeweils zwei Kleingruppen während der Gruppenarbeitsphasen gefilmt wurden. Alle vier Gruppen aufzuzeichnen und zu evaluieren hätte den Rahmen dieser Arbeit gesprengt. Die Schülerinnen hatten die Gruppenzusammensetzung zu Beginn des Schuljahres selbst festgelegt; die Gruppen blieben über das gesamte Schuljahr hinweg weitestgehend unverändert. So kam in der Klasse 8a (05/06) eine reine Jungengruppe und eine reine Mädchengruppe und zwei gemischte Gruppen zustande und in der Klasse 8b (05/06) bildeten sich vier von der Geschlechterverteilung her gesehen heterogene Gruppen. In der Klasse 8b (06/07) wurde das Experiment als Demonstrationsversuch durchgeführt.

***Sitzordnung und Kamerapositionen***
In allen aufgezeichneten Unterrichtsstunden der Klassen (05/06) wechselten die Unterrichtsphasen zwischen Klassengespräch (sokratischem Gespräch) im Stuhlkreis und den Experimenten in Kleingruppenarbeit ab; in der Klasse 8b (06/07) fand der ganze Unterricht im Klassengespräch statt. Damit ergaben sich in 2005/2006 zwei verschiedene Sitzordnungen und infolgedessen auch zwei verschiedene Kamerapositionen. Der Wechsel von einer Phase zur anderen ging aufgrund der räumlichen Bedingungen sehr schnell und reibungslos vonstatten und beeinflusste den Unterricht nicht:

*Aufnahmesituation sokratisches Gespräch (der Lehrer sitzt mit im Stuhlkreis)*




*Aufnahmesituation Gruppenarbeit*



Peter Buck war während des Unterrichts über den ganzen Zeitraum hinweg anwesend und bediente die Kameras und die Mikrofone, so dass der Autor als Lehrer sich auf den Unterricht und die Schülerinnen konzentrieren konnte. Damit war gleichzeitig die Voraussetzung dafür geschaffen, dass die Interviews nicht vom Autor als dem unterrichtenden Lehrer durchgeführt werden mussten. Am sokratischen Gespräch nahm er als weiterer Gesprächspartner teil, für die Schüler in der Rolle einer weiteren Lehrperson, die auch von ihnen problemlos angenommen wurde; in den Transkripten werden seine Aussagen als Lehreraussagen codiert. Da die strikte Trennung von Lehrenden und Lernenden im sokratischen Gespräch, wie oben erwähnt („*the teacher takes care of the topic*") durchlässig wird, ist das Einbeziehen eines „Gastteilnehmers", der sich und seine Erfahrung einbringt, ein Längerlernender sozusagen, ohne weiteres möglich.[147] Nach den ersten Minuten der Probeaufzeichnungen bestätigte sich die von Welzel (unter Verweis auf: Fischer 1989) beschriebene Erfahrung: die Videokameras beeinträchtigten das Verhalten der Schülerinnen im wesentlichen nicht, sie zeigten ein ungezwungenes Verhalten (Vergl.: Welzel 1995, S. 80).

***Auswertungsgespräch (Meta-Gespräch)***

Das Auswertungsgespräch, in der Terminologie von Heckmann Meta-Gespräch genannt (Vergl.: Heckmann 1993, S. 85), stellt quasi ein Neosokratisches Gespräch auf der Meta-Ebene dar, das das vorangegangene Neosokratische Gespräch beziehungsweise die vorangegangenen Neosokratischen Gespräche selbst zum Gegenstand hat. Es verläuft nach den gleichen Regeln wie die sokratischen Gespräche auch ab. In jeder Klasse stand ein Metagespräch am Beschluss der Unterrichtseinheit, das aufgezeichnet und wörtlich transkribiert wurde. Folgender Fragenkatalog lag allen Metagesprächen zugrunde:

Fragen zur Auswertung

1. Hast du dich in den Gesprächsrunden wohl gefühlt? Woran lag das?
2. Wie fandest du die Gesprächsrunden im Stuhlkreis?
3. Waren die Gespräche für Dich ergiebig?
4. Was haben sie im Einzelnen gebracht?
5. Waren die Gespräche hilfreich für das Verstehen?
6. Wie fandest du es, dass der Lehrer nicht gesagt hat „wie es ist"?
7. Sollte diese Form des Unterrichts noch mal stattfinden?
    - Ja, immer.
    - Ja, aber nur ab und zu.
    - Nein, lieber nicht.

   Begründe deine Antwort.

## 2.2 Halbstandardisierte Fragebögen

Direkt im Anschluss an die letzte Unterrichtsstunde der Einheit wurde allen Schülerinnen der im vorigen Kapitel abgedruckte halbstandardisierte Fragebogen vorgelegt. Dieser diente auch dazu, den Schülerinnen die Möglichkeit zu geben, durch die Verschriftlichung ihr individuelles Verständnis in Worte zu fassen.

[147] *„In ihr (der Terminologie von Längerlernenden und Kürzerlernenden M.S.) gibt es keine Lehrende und Lernende mehr. Alle Beteiligten sind Lernende. Höchstens eine Unterscheidung in Längerlernende – Langerlerende im Niederländischen – und kürzerlernende – korterlerende – ist erlaubt."* Buck 2000.

## 2.3 Klinische Einzelinterviews[148]

Im Anschluss an die Unterrichtssequenz wurden mit elf Schüler/innen klinische Einzelinterviews durchgeführt, um deren individuelle Verstehensprozesse nachzeichnen zu können. Die Interviews wurden ebenfalls videographiert und wörtlich transkribiert. Im Zuge des Triangulationsansatzes wurden die klinischen Einzelinterviews nicht vom Autor als dem unterrichtenden Lehrer durchgeführt, um die zur Forschung notwendige reflexive Distanz (Vergl.: Altrichter 1990, S. 159ff.) zu gewährleisten, sondern von Peter Buck, der bei allen Unterrichtsstunden anwesend war. Aus dem selben Grund war der Autor auch bei der Aufnahme der Interviews nicht anwesend. Es wurden 5 Schülerinnen aus der Klasse 8a und sechs aus der Klasse 8b interviewt, jedes Interview dauerte ca. 45 Minuten:

| **Klasse 8a** | **Klasse 8b** |
|---|---|
| Franka (8a) | Dominik (8b) |
| Janina (8a) | Fabian (8b) |
| Jannik (8a) | Julia K. (8b) |
| Pascal (8a) | Max (8b) |
| Steven (8a) | Patrick (8b) |
| | Sarah (8b) |

Aus Datenschutzgründen ist bei diesen und auch allen anderen Schülerinnen, wie in der gesamten Arbeit, immer nur der Vorname und die Klasse angegeben. Tritt ein Vorname mehrfach auf, so ist noch der Anfangsbuchstabe des Nachnamens hinzugefügt.

*Stichprobenauswahl für die Einzelinterviews*

Die Auswahl der Schülerinnen richtete sich nach mehreren Kriterien, zum einen die Bereitschaft, für ein Interview zur Verfügung zu stehen, zum anderen auch die Mitarbeit in den Unterrichtsstunden. Diese ist von Bedeutung, um die Aussagen während des Unterrichts mit den Aussagen im Interview vergleichen bzw. sie dadurch ergänzen zu können. Aus diesem Grund wäre es für die Untersuchung wenig sinnvoll, Schülerinnen zu interviewen, die sich während der Unterrichtsstunden kaum verbal geäußert haben.

Alle Schülerinnen mit Ausnahme von Dominik (8b) gehörten zu einer der videographierten Kleingruppen.

Die Interviews wurden anhand des vom Autor im Vorfeld erstellten Leitfadens durchgeführt, jedoch sehr frei gehalten:

[148] Der Begriff *„Klinisches Interview"* wird hier als Überbegriff für nicht-standardisierte Erhebungsformen (Vergl.: Hopf 1991 in: Flick, von Kardorff, Keupp, von Rosenstiel & Wolff (Hrsg.) 1991 S. 178.) gesehen. Die hier durchgeführten Interviews können auch spezieller als neuere Varianten des ***Fokussierten Interviews*** (Vergl.: Hopf 1991, S. 179.) bezeichnet werden, da sie die spezifische Unterrichtssituation zum Thema haben.

**Leitlinie für die Schülerinterviews**

**2. Forschungsfrage:** Variationen
Phänomenographische Beschreibung des Verständnisspektrums „chemische Reaktion"
Verständnisinhalte der Klasse zum Thema „Chemische Reaktion"
**3. Forschungsfrage:** Welche Prozesse deuten auf ein vertieftes Verstehen des Phänomens „Chemische Reaktion" hin? Welche Lernwege sind in den „Landkarten des Verstehens" erkennbar?
**4. Forschungsfrage:** Inwieweit lässt sich das vertiefte Verstehen auf die Wagenscheindidaktik zurückführen?
Erleben die Schülerinnen den Unterricht als „vertieft"?
Tritt „Verstehen" in den Vordergrund?
Was bedeutet „Verstehen" dabei für die Betroffenen?

Die Fragen beziehen sich auf drei Felder, die sich aus den Forschungsfragen 2, 3 und 4 ergeben:
Mögliche Fragen zum Inhalt:

- Fragen, die sich am individuellen Auswertungsfragebogen orientieren
- Wie stellst du dir den Vorgang einer chemischen Reaktion vor?
- Kannst du den Vorgang zeichnen?
- Was geschieht mit den Stoffen?
- Hast du eine bildliche Vorstellung davon?

Mögliche Fragen zum Lernprozess:

- Wie fandest du es, dass der Lehrer nicht einfach gesagt hat "wie es ist"? Was hat das gebracht?
- Glaubst du, dass die anderen Schüler verstanden haben, was du gedacht hast?
- Hast du verstanden, was die anderen Schüler gedacht haben?
- Glaubst du, dass du jetzt vom Vorgang einer chemischen Reaktion mehr verstanden hast, als wenn wir einfach nach dem Buch vorgegangen wären? Sei ganz ehrlich. Woran merkst du, dass du mehr/weniger als sonst verstanden hast?
- Wie erklärst du dir das?

Mögliche Fragen zum eigenen Erleben des Unterrichts
„Erlebten die Schülerinnen den Unterricht als "vertieft"?"

- Wenn du den Unterricht mit Eigenschaftswörtern beschreiben solltest, welche würdest du wählen:(oberflächlich, tiefschürfend, langatmig, produktiv, unproduktiv, interessant, langweilig, spannend,...) (eigene Wörter nennen)
- Welche Phase würdest du mit diesen Wörtern beschreiben? (Einleitung, Hypothesenbildung im Kreis, Gruppenarbeit mit Versuch, Wiederholung des Versuchs im Stuhlkreis, Deutung des Versuchs im Kreisgespräch)
- Wenn du dich noch erinnern kannst: Wie ist es dir persönlich ergangen, wie würdest du deinen Zustand beschreiben (zum Beispiel: aufmerksam, gespannt, gelangweilt, interessiert, müde, genervt,...) Fühlst du dich im normalen Unterricht genauso? Woran liegt das?
- Fandest du es eher leicht oder eher schwer, über deine Beobachtungen und deine Erklärungen für diese Beobachtungen zu sprechen? Was fandest du leicht, was fandest du schwer?
- Was müsste man am Unterricht noch ändern, damit es den Schülern leichter fällt, eine chemische Reaktion wirklich zu verstehen?

## 2.4 Unterrichtstagebuch

Das Unterrichtstagebuch bezieht sich auf die Weiterentwicklung im persönlichen Professionalisierungsprozess und zwar nur im Hinblick auf den genetisch-sokratisch-exemplarischen Unterricht.

Aus diesem Grund zerfällt jeder Tagebucheintrag in zwei Teile, einmal in die Strukturskizze mit der Grobplanung der einzelnen Unterrichtsphasen und zum anderen in den eigentlichen Tagebucheintrag. Hierbei werden erst die Reflexionen am Ende der Stunde über die einzelnen Unterrichtsphasen eingetragen und dann sechs Leitfragen gestellt, die die persönliche Einschätzung zum Thema haben. Nach Betrachten der Videofilme werden in der rechten Spalte, wie von Altrichter und Posch vorgeschlagen, ***Theoretische Notizen (TN)***[149], ***Methodische Notizen (MN)***[150] ***oder Pläne*** hinzugefügt, die entweder weitere Reflexionen zur Stunde oder aber Reflexionen zum vorstehenden Tagebucheintrag, der direkt im Anschluss an die Stunde erfolgt ist, enthalten.

Schematisch sieht der Tagebucheintrag zu einer Stunde dann folgendermaßen aus (vergl. Anhang Unterrichtstagebuch):

| Zeit / Phase | Interaktion | Organisation | Mögliche Fragen | Mäterial |
|---|---|---|---|---|
| Einführung | | | | |
| Anleitung | | | | |
| Hypothese schriftlich formulieren | | | | |
| Gespräch In den Schülergruppen | | | | |
| Durchführung des Versuches | | | | |
| Wahrnehmungen Schriftlich formulieren | | | | |
| Deutungen schriftlich formulieren | | | | |
| Sokratisches Gespräch | | | | |
| Schluss / Hausaufgabe | | | | |

| Titel und Einordnung der Stunde | |
|---|---|
| Beschreibung | Notizen (nach Betrachtung der Videoaufzeichnung) |
| Aufzeichnungen nach Ende der Stunde | |
| Der Einstieg | |
| Die Hypothesenbildung | |
| Die Versuchsdurchführung | |

[149] TN: Theoretische Notiz - Vergl.: Altrichter & Posch 1998, S.38.
[150] MN: Methodische Notiz - Vergl.: Altrichter & Posch 1998, S.38ff.

| | |
|---|---|
| Das Sokratische Gespräch | |
| Reflexionen über die Stunde und über das Lehrerverhalten | |
| Wie empfand ich die Klasse? | |
| | |

| |
|---|
| Inwieweit habe ich das sokratische Gespräch zwischen den Schülerinnen gefördert, das heißt habe ich den Schülerinnen Raum für das Gespräch gelassen oder habe ich vorschnell eingegriffen? Musste ich direkt in das Geschehen eingreifen? |
| |
| Was ist mir in der Rückschau auf den Unterricht aufgefallen? |
| |
| Wo lag mein empfundener Fokus? |
| |
| Wie habe ich mich in der Rolle als sokratischer Lehrer gefühlt? Schätze ich mein Handeln als sokratischer Lehrer in dieser Stunde eher als erfolgreich oder erfolglos ein? |
| |
| Überlegungen im Hinblick auf die nächste Stunde |
| |

**2.5 Aufbereitung der Daten - Anmerkung zu den Transkriptionen**

Die Textbeiträge sind fortlaufend nummeriert. Zusätzlich tragen die Textbeiträge aus den Unterrichtsphasen in der ganzen Klasse (Frontalunterricht, Kreisgespräch,...) einen Buchstaben (A, B, C...) je nach Phase. Das gilt auch für die Phasen, in denen die ganze Klasse beteiligt ist, die Schülerinnen aber trotzdem an Gruppentischen sitzen (z.B. Klassengespräch).

Von den vier Arbeitsgruppen in jeder Klasse werden jeweils die Gruppenarbeitsphasen zweier Gruppen, Gruppe 1(G1) und Gruppe 2 (G2) videographiert. Eine Gruppenarbeitsphase der Gruppe 1 trägt dabei die Bezeichnung G1, eine Gruppenarbeitsphase der Gruppe 2 trägt die Bezeichnung G2.

Bei allen Stunden wechseln die Klassengesprächsphasen und die Gruppenarbeitsphasen miteinander ab, die Struktur ist in jeder Stunde gleich:

| Phase | Sozialform |
|---|---|
| A | Klassengespräch im Kreis oder frontal |
| G1A und G2A (gleichzeitig) | Gruppenarbeit in allen vier Gruppen, von denen nur G1 und G2 videographiert werden. |
| B | Klassengespräch im Kreis oder frontal |
| G1B und G2B (gleichzeitig) (gegebenenfalls) | Gruppenarbeit in allen vier Gruppen, von denen nur G1 und G2 videographiert werden. |
| C (gegebenenfalls) | Klassengespräch im Kreis |

## 3 Die Durchführung der Untersuchung

Im ersten Teil der Untersuchung wird der Blick auf das Unterrichtsphänomen gerichtet. Die Untersuchung der Lehr- und Lernsituation wird in der ersten Forschungsfrage konkretisiert, die sich in zwei Teile gliedert:

### 3.1 Durchführung der Untersuchung bei der 1. Forschungsfrage

Inwieweit kann man den gehaltenen Unterricht der Wagenscheindidaktik zuordnen?
1.1 Wo fußt der gehaltene und untersuchte Unterricht auf der Wagenscheindidaktik?
1.2 An welchen Stellen geht er über die Wagenscheindidaktik hinaus?

***Erhebungsmaterialien zur ersten Forschungsfrage***

Wie angegeben werden zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage die Videofilme beziehungsweise deren Transkriptionen herangezogen:

| Forschungsfrage | Material | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Videofilme | Fragebogen | Einzelinterviews | Unterrichtstagebuch |
| 1. Forschungsfrage: Inwieweit kann man den gehaltenen Unterricht der Wagenscheindidaktik zuordnen? | | | | |
| 1.1 Wo fußt der gehaltene und untersuchte Unterricht auf der Wagenscheindidaktik? | X | | | |
| 1.2 An welchen Stellen geht er über die Wagenscheindidaktik hinaus? | X | | | |

***Verfahren der Datenauswertung***

Die Datenauswertung orientiert sich grob am Modell der strukturierenden Inhaltsanalyse nach Mayring (Vergl. Mayring 1995, S. 78 gekürzt nach: Lissmann 1997, S. 45):

1. Gegenstand, Fragestellung
2. Theoriegeleitete Festlegung der Strukturierungsdimensionen als Haupt- und Unterkategorien
3. Überarbeitung der Kategorien → formative Reliabilitätsprüfung und Interkoderreliabilität
4. Zusammenstellung von einem Kodierleitfaden – Theoriegeleitete Formulierungen von Definitionen, Ankerbeispielen und Kodierregeln
5. endgültiger Materialdurchgang → summative Reliabilitätsprüfung
6. Interpretation der Ergebnisse und der Häufigkeitsverteilungen

*Gegenstand, Fragestellung*
Die erste Forschungsfrage *Inwieweit kann man den gehaltenen Unterricht der Wagenscheindidaktik zuordnen?* zerfällt in zwei Teile, nämlich:

- Wo fußt der gehaltene und untersuchte Unterricht auf der Wagenscheindidaktik?
  Die Beantwortung dieser Frage bedeutet ausdrücklich **nicht** die Erhebung des Falles, ob es dem Lehrer gelingt, optimal genetisch-sokratisch-exemplarisch zu unterrichten, sondern vielmehr das Ermessen der Frage, welches Potential in Bezug auf ein vertieftes Verstehen dem genetisch-sokratisch-exemplarischem Unterricht (im Folgenden auch mit **GSE** abgekürzt) innewohnt. Die Arbeit klärt dabei anhand des durchgeführten Unterrichts ein Verhältnis zwischen konventionellem und **GSE**-Unterricht und schreibt keinem von beiden einen höheren oder niedrigeren Rang zu.

- An welchen Stellen geht er über die Wagenscheindidaktik hinaus?
  Hierbei soll die Frage geklärt werden, ob in der Anlage oder in der Durchführung des Unterrichts Elemente auftreten, die zwar in der Wagenscheinschen Didaktik begründet liegen, aber ein stückweit über sie hinausgehen.

*Theoriegeleitete Festlegung der Strukturierungsdimensionen als Haupt- und Unterkategorien*
Basierend auf den theoretischen Ausführungen im ersten Teil dieser Arbeit wurde das Untersuchungsinstrument zur Inhaltsanalyse der Einzeläußerungen des gehaltenen Unterrichts entwickelt. Es gliedert sich in Äußerungen der Schülerinnen und Lehreräußerungen.

| **Kriterium** | **Erläuterung** |
|---|---|
| S-Schüleräußerungen | |
| SK<br>SK1<br>SK2<br>SK3 | Schülerin knüpft von selbst an vorgenannte Beiträge an.<br>1. nimmt Bezug auf vorgenannte Beiträge<br>2. führt die Argumentation weiter<br>3. greift alten Gesprächsfaden auf oder bringt völlig neuen Aspekt in das Gespräch mit ein |
| SA | Schülerin suchen die Autorität des Lehrers in der Sache |
| SB | Schülerin verwendet Beziehungs- oder Vergleichswörter |
| SD | Schülerin spricht ihre eigene, keine auswendig gelernte Sprache, auch Dialektwörter, um das Phänomen zu beschreiben |
| SV | Schülerverhalten lässt Rückschlüsse darauf zu, dass es den Schülerinnen um das Verstehen geht (Volition) |
| SW | Schülerin ist in Gedanken woanders und nicht beim Thema |
| Ssoz | Schülerin regelt das soziale Geschehen in der Gruppe/Klasse |

| L-Lehreräußerungen | |
|---|---|
| LK | Lehrer knüpft an vorgenannte Beiträge an |
| LM<br>LM1<br>LM2<br>LM3<br><br>LM4<br>LM5<br><br>LM6 | Lehrer verhält sich als Moderator des Gesprächs<br>1. Aufmerksamkeitslenkung im Sinn von Awareness<br>2. Lehrer fragt nach, so dass es die Schülerin selbst finden kann<br>3. Lehrer stellt Schülerinnen-Gedankengänge gegeneinander und veranlasst zum abwägen<br>4. Lehrer ist an der Meinung der Schülerinnen interessiert<br>5. Lehrer bringt Schülerverhalten in Bezug zur Tätigkeit des Problemlösens<br>6. Lehrer gibt die Frage an die Schülerinnen zurück |

| L-Lehreräußerungen | |
|---|---|
| LA<br>LA1<br>LA2<br>LA3<br>LA4<br><br>LA5<br>LA6 | Lehrer verhält sich als Aushandelnder des Ergebnisses<br>1. Aufmerksamkeitslenkung im Sinne von Attention<br>2. Lehrer weist direkt auf etwas hin<br>3. Lehrer selektiert Schülerbemerkungen<br>4. Lehrer vermittelt den Eindruck, dass er gute von schlechten Antworten unterscheiden kann<br>5. Lehrer wertet Schülerverhalten<br>6. Lehrer fasst erarbeitete Ergebnisse in Vorschau auf das von ihm angestrebte Lernziel zusammen |
| LF<br><br>LF1<br>LF2<br>LF3<br>LF4<br>LF5 | Lehrerverhalten lässt Rückschlüsse auf den Fokus des Lehrers zu, dieser liegt:<br>1. auf ihm selbst<br>2. auf seinen Lehrerhandlungen<br>3. auf dem Verhalten der Schüler<br>4. auf dem Lernen der Schüler<br>5. auf der Sache |
| LV<br>LV1<br>LV2 | Lehrer macht deutlich, dass es um das Verstehen geht<br>1. allgemein um das Verstehen<br>2. um das individuelle Verstehen |
| LD<br>LO | Disziplinierende Lehreräußerungen<br>Organisatorische Anweisungen *(„Nimm bitte den Spatel" etc.)* |

*Überarbeitung der Kategorien → formative Reliabilitätsprüfung und Interkoderreliabilität*

*Überarbeitung der Kategorien*

Nach parallelem Kodieren einer ganzen Doppelstunde mit zwei Kodierern stellte sich heraus, dass die organisatorischen Lehreräußerungen zu undifferenziert kodiert waren. Ferner kam noch die Kategorie LM 7 und als Gruppierung verschiedener Lehreräußerungen LInit hinzu. Die Häufigkeiten von Einzelaussagen können jedoch nur in sehr bedingtem Maße Aufschluss über den genetisch-sokratisch-exemplarischen Charakter der Unterrichtsstunden geben, da eine atomisierte Betrachtungsweise keine Rückschlüsse auf den Prozess des Unterrichtsgangs zulassen kann. Aus diesem Grund mussten die Gespräche zusätzlich noch auf größere Zusammenhänge hin untersucht werden (allgemeine Gesprächsanalysekriterien), so dass die überarbeitete Liste der Kategorien folgendermaßen aussieht:

| **Kriterium** | **Erläuterung** |
|---|---|
| S-Schüleräußerungen | |
| SK<br>SK1<br>SK2<br>SK3 | Schülerin knüpft von selbst an vorgenannte Beiträge an.<br>1 nimmt Bezug auf vorgenannte Beiträge<br>2 führt die Argumentation weiter<br>3 greift alten Gesprächsfaden auf oder bringt völlig neuen Aspekt in das Gespräch mit ein |
| SA | Schülerin suchen die Autorität des Lehrers in der Sache |
| SB | Schülerin verwendet Beziehungs- oder Vergleichswörter |
| SD | Schülerin spricht ihre eigene, keine auswendig gelernte Sprache, auch Dialektwörter, um das Phänomen zu beschreiben |
| SV | Schülerverhalten lässt Rückschlüsse darauf zu, dass es den Schülerinnen um das Verstehen geht (Volition) |
| SW | Schülerin ist in Gedanken woanders und nicht beim Thema |
| SSoz | Schülerin regelt das soziale Geschehen in der Gruppe/Klasse |

| L-Lehreräußerungen | |
|---|---|
| LK | Lehrer knüpft an vorgenannte Beiträge an |
| LM<br>LM1<br>LM2<br>LM3<br><br>LM4<br>LM5<br><br>LM6<br>LM7 | Lehrer verhält sich als Moderator des Gesprächs<br>1 Aufmerksamkeitslenkung im Sinn von Awareness<br>2 Lehrer fragt nach, so dass es die Schülerin selbst finden kann<br>3 Lehrer stellt Schülerinnen-Gedankengänge gegeneinander und veranlasst zum abwägen<br>4 Lehrer ist an der Meinung der Schülerinnen interessiert<br>5 Lehrer bringt Schülerverhalten in Bezug zur Tätigkeit des Problemlösens<br>6 Lehrer gibt die Frage an die Schülerinnen zurück<br>7 Lehrer fasst erarbeitete Ergebnisse in Rückschau auf die Facetten der Schüleräußerungen zusammen |
| LA<br>LA1<br>LA2<br>LA3<br>LA4<br><br>LA5<br>LA6 | Lehrer verhält sich als Aushandelnder des Ergebnisses<br>1 Aufmerksamkeitslenkung im Sinne von Attention<br>2 Lehrer weist direkt auf etwas hin<br>3 Lehrer selektiert Schülerbemerkungen<br>4 Lehrer vermittelt den Eindruck, dass er gute von schlechten Antworten unterscheiden kann<br>5 Lehrer wertet Schülerverhalten<br>6 Lehrer fasst erarbeitete Ergebnisse in Vorschau auf das von ihm angestrebte Lernziel zusammen |
| LF<br><br>LF1<br>LF2<br>LF3<br>LF4<br>LF5 | Lehrerverhalten lässt Rückschlüsse auf den Fokus des Lehrers zu, dieser liegt:<br>1 auf ihm selbst<br>2 auf seinen Lehrerhandlungen<br>3 auf dem Verhalten der Schüler<br>4 auf dem Lernen der Schüler<br>5 auf der Sache |
| LV<br>LV1<br>LV2 | Lehrer macht deutlich, dass es um das Verstehen geht<br>1 allgemein um das Verstehen<br>2 um das individuelle Verstehen |
| LInit | Lehrer wirkt im wagenscheinschen Sinne als Initiator zur Verbindung der Lernenden mit der Sache durch Wechsel des Fokus und Wechsel der Rolle als Aushandelnder/Moderierender |
| LO<br>LOO<br>LOD<br>LOS<br><br>LOK | Lehrer organisiert das unterrichtliche Geschehen durch:<br>• Organisatorische Anweisungen *(„Nimm bitte den Spatel" etc.)*<br>• Direkte Anweisungen *(„Hör damit auf.")*<br>• Klären der sozialen Verhältnisse *(„Ich bringe Dir das Blatt später.")*<br>• Klären eines Sachverhalts *(„In diesem Sinne ist das gemeint.")* |

*Allgemeine Gesprächsanalysekriterien*

| Kriterium | Erläuterung |
|---|---|
| Verst Ind | Zeigt sich in der Tendenz: nur **ein einziger** Verstehensprozess einer Sache, nämlich der Verstehensprozess der Klasse oder in der Tendenz so **viele** Verstehensgeburten, wie es Schülerinnen gibt? |
| Verst Kla | Arbeitet die Klasse an einem entstandenen Problem weiter, das für beide Klassen zwangsläufig verschieden ist, oder folgt der Lehrer einem allgemeinen Plan, der für beide Klassen gleich ist? |
| Dicht | Wo wird das Gespräch inhaltlich dichter oder „zerfasert" es phasenweise? Ruft das Initiationsphänomen ruft tiefgehendes Staunen hervor und erweckt es den Wunsch nach einer forschenden Tätigkeit? Spricht es die Sinne an und ist es ästhetisch ansprechend? |
| Fra | Erzeugt das Phänomen eine Fragehaltung? Werden die Fragen durch die Schüler notiert und auch geäußert? |
| Ex Var | Lassen die Experimente viele Variationen zu? |
| Ex Ein | Sind die Experimente und die Variationen einfach und ungefährlich? Sind sie von allen durchführbar und vom Versuchsaufbau leicht durchschaubar? |
| Ex Anl | Wird darauf verzichtet, eine schriftliche Arbeitsanleitung oder ein Arbeitsblatt vorzulegen: Erfolgen Versuchsanleitungen in der Initiationsphase oder punktuell bei der Einführung von Variationsmöglichkeiten durch mündliche Mitteilungen oder kurze Vorführungen durch den Lehrer oder durch andere Arbeitsgruppen? |
| Ex Bed | Sind die Ausgangsbedingungen offen. Gilt vor allem für die Auswahl von Variationsexperimenten. Ist die Zeit zum Experimentieren sehr großzügig bemessen? Wird darauf verzichtet, auch indirekt, Lösungen vorzugeben? |

*Überprüfung der Interkoderreliabilität*

Zur Überprüfung der Interkoderreliabilität wurde, nach der Überarbeitung der Kategorien, ein charakteristischer Ausschnitt[151] aus einem der Transkripte[152] zusätzlich von zwei weiteren Personen, die nicht in das Forschungsprojekt mit eingebunden waren, kodiert, die Kodierungen werden trichotom eingeschätzt und der ***Multirater-Kappa-Koeffizient***, der die Differenz zwischen beobachteter Übereinstimmung und erwarteter Übereinstimmung relativiert an der maximal möglichen überzufälligen Übereinstimmung angibt (Vergl.: Nitz 2006), berechnet. Nitz fordert, dass auch bei inhaltsanalytischen Verfahren wie der hier durchgeführten qualitativen Inhaltsanalyse, die quantitativen Möglichkeiten der Reliabilitätsbestimmung mit einbezogen werden sollen (Nitz 2007, S.4).

Die Berechnung des Multirater-Kappa erfolgt nach der von Nitz verwendeten Formel für Fleiss-Kappa (Vergl.: Nitz 2006):

$$\kappa = \frac{\overline{P} - \overline{P_e}}{1 - \overline{P_e}} \quad \text{mit} \quad \overline{P_e} = \sum_{j=1}^{k} p_j^2 \,.$$

[151] Charakteristischer Ausschnitt meint in diesem Falle, dass es ein Ausschnitt aus dem sokratischen Gespräch einer Doppelstunde ist, die das Thema *Chemische Reaktion* trägt und nicht aus einer Einzelstunde oder einer Probeaufnahme zum Thema *Chromatographie.*

[152]

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2005 | 11 | 003 | 2. Doppelstunde 8a (05/06) (Golddünen) |

lfd. Nr. 472-526.

Die Synopse der Kodierungen der einzelnen Kodierer im bezeichneten Ausschnitts des Transkripts ergibt folgendes Bild:

| Nr. | Person | Text | Laufende Nummer n | Autor | Kodiererin 1 (Prof. Dr. Ch. Benz) | Kodiererin 2 (Dipl. Päd. A. Schäfer) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 472. | Lehrer | So, jetzt bin ich gespannt: Wahrnehmung! Habt ihr die Blätter da? Die brauchen wir nämlich gleich. | 1 | LM1 LA1 LF1 LP4 | LM1 (evtl.4) LA1 (LF1, LF4- eher weniger) | LOO |
| 473. | Schülerinnen | *(nehmen ihre Arbeitsblätter zur Hand)* | - | - | - | - |
| 474. | Lehrer | Einmal die Reihe rum. Und wenn irgend einer etwas Neues hat, was noch gar keiner hatte, dann vorlesen. Wenn einer nur Sachen hat, die die anderen auch schon hatten, dann braucht er auch nicht - je nachdem.<br>So, es geht los mit Marco und einmal so außen herum. *(beschreibt mit der Hand einen Kreis gegen den Uhrzeigersinn)* | 2 | LA2 LF3 LOD | LA2 LM4 LF3 LOO LOD | LOO |
| 475. | Marco | Stoff eins und Stoff zwei lösen sich im Stoff drei auf. | 3 | SK1 SD | SD SK1 | SK 3 |
| 476. | Alexander | Stoff eins löst sich auf, es bildet sich eine Haut. | 4 | SK1 SD | SD SK1 SB | SK 3 |
| 477 | Julian | Wo die zwei Stoffe aufeinander treffen bildet sich so ein goldgelbes Gemisch. | 5 | SK1 SD | SD SK1 SB | SK 3 |
| 478. | Daniel | Es erscheint von der Mitte ein gold-gelbes Farbgemisch an die Oberfläche, es glänzt und glitzert. | 6 | SK1 SD | SD SK1 SB | SK 3 |
| 479. | Clemens | Es bildet sich eine goldgelbe Farbe in dem Wasser, die sich immer mehr ausbreitet. | 7 | SK1 SD | SD SK1 SB | SK 2 |
| 480. | Jannik | Ist das Wasser? | 8 | S Soz SK3 SV | Wer wird gefragt? Du dann SA Sonst S soz | SV |
| 481. | Clemens | Oh, Stoff... Stoff drei. | 9 | SA | SK1, SV | SD |
| 482. | Christian | Ja, das habe ich auch so. | 10 | SK1 | SK1 | SK1 |
| 483. | Pascal K. | Eine Schicht bildet sich, wie auf einem Pudding und... und es färbt sich goldfarbig. | 11 | SK1 SB SD | SD SK1 SB | SD SB |
| 484. | Steven | Ich hab: die goldene Farbe ... es... es... sieht aus wie Pulver - ist kristallförmig. | 12 | SK1 SB SD | SD SK1 SB | SD, SB |
| 485. | Andreas | Hab dasselbe. | 13 | SK1 | SK1 | |
| 486. | Jannik | Ich hab geschrieben: es bildet sich eine Schicht an der Oberfläche und es färbt sich gelb. | 14 | SK1 | SK1 | SK 1 |
| 487. | Saskia H. | Es entsteht so... so gelbes Glitzerding und wird immer länger. *(kichert)* | 15 | SK1 SB SD | SD SK1 SB | SD |
| 488. | Janina | Ja. | 16 | SK1 | SK1 | SK 3 |
| 489. | Fabienne | Der Stoff zwei, der löst sich nicht sofort auf. Der Stoff eins, der löst sich schneller auf. | 17 | SK2 | SK2 | SK 3 |
| 490. | Franka | Also...ähm.... es bildet sich in der Mitte so.... so... gelbe Linie, die glitzert. Die Farbe sieht aus wie ...ähm...warm- bis kaltgelb. Ähm... die Linie verbreitert sich, sie scheint sich über die ganze linke Seite zu verteilen. Stoff zwei löst sich langsam auf. | 18 | SK1 SB SD | SD SK1 SB | SK 1 SB |
| 491. | Julia | Ich habe nur, was die schon gesagt haben. | 19 | SK1 | SK1 | SK 1 |
| 492. | Saskia E. | Es bildet sich eine goldgelbe Linie, und die glitzert. | 20 | SK1 SD | SD SK1 SB | SK 1 |
| 493. | Pascal H. | *(schüttelt den Kopf)* | 21 | SK1 | SK1 | |
| 494. | Eduard | Ich hab auch nicht mehr. | 22 | SK1 | SK1 | |
| 495. | Steven | *(meldet sich)* Die Farbe ... ähm...entwickelt sich aus Stoff zwei. | *23* | *SK2 SD SV* | *SK2 SD SV* | SK 2 |
| 496. | Franka | Weiß man nicht genau. | 24 | SK2 SV SA | SK2 SV entweder SA oder | SV |

| Nr. | Person | Text | Laufende Nummer n | Autor | Kodiererin 1 (Prof. Dr. Ch. Benz) | Kodiererin 2 (Dipl. Päd. A. Schäfer) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Ssoz, man weiß nicht an wen das gerichtet ist. | |
| 497. | Eduard | Gell. | 25 | SK1 | SK1 | |
| 498. | Peter Buck | Ich wundere mich, dass ihr so Verschiedenes gesehen habt. Manche haben sofort was Gelbes gesehen und andere haben ja noch im Anfang gesehen, wie das erst verschwindet. | 26 | LF2 LM1 LM3 | LF2, LM1, LM3, LM 4, LM7 | LM 3 LA 2 |
| 499. | Franka | Erst verschwindet´s und dann kommt's. | 27 | SK2 SV | SK2, SV | SK 2 |
| 500. | Peter Buck | Erst verschwindet´s und dann kommt's. | 28 | LF LM4 | LF4, LM4 | LM 6 |
| 501. | Franka | Also der... der Stoff eins, löst sich erst ganz auf ähm... der Stoff zwei sieht man noch die ganze Zeit dann haben wir halt lange gedacht, es passiert nichts und dann habe ich halt gesehen, das es...ähm... gelb wird. | 29 | SK1 SK2 SD | SK1,2 SD | SK 2 |
| 502. | Peter Buck | Also alle, die mit dem Gelb angefangen haben, ist das nicht wichtig, was da am Anfang passiert? | 30 | LF2 LM1 LM3 | LF2, LM1, LM3 | LM 1 LA 1 |
| 503. | Lehrer | Jannik, du wolltest was sagen? | 31 | LA2 LM4 | LA2. LM4 | |
| 504. | Jannik | Doch, ich denke schon, dass das wichtig ist, weil... die haben es nur vergessen. | 32 | SK1 SD SV | SK1, SV kein SD hier beschreibt er ja noch nix | SK 2 |
| 505. | Peter Buck | Aber ich glaube, du hattest auch gleich mit gelb angefangen. | 33 | LF LM4 LA2 | LF4, LM4, LA2 | LK |
| 506. | Jannik | Nein, ich habe geschrieben: es bildet sich eine Schicht an der Oberfläche, es färbt sich gelb habe ich dann geschrieben. | 34 | SK3 SD | SK3 greift vorher geschriebenes auf SD | SV |
| 507. | Peter Buck | Ja, aber die Schicht an der Oberfläche, weiß man nicht, was du meinst damit. Kannst du das noch mal genauer fassen? | 35 | LF4 LM4 LM2 | LM4 LM2 LF4 | LK LM 6 |
| 508. | Jannik | Ei, da hat sich halt .... wie so... Pudding oben... so Art Haut gebildet und dann ist es gelb geworden. Ich hab jetzt zwar nicht geschrieben, dass sich das erst auflöst, aber.... | 36 | SD SV | SB,SD, SV | SB SD |
| 509. | Eduard | Ja, aber... | 37 | SK1 | SK1 | SV |
| 510. | Pascal K. | Ich vermute, dass die Haut sich... die Haut hat sich gebildet, nachdem sich die zwei Stoffe vermischt haben. | 38 | SK2 SD | SK2, SD, SV | SK 1 |
| 511. | Steven | Okay, vielleicht... | 39 | SK1 | SK1 | SV |
| 512. | Lehrer | Welche zwei Stoffe? | 40 | LM2 | LM2 | LK LM 6 |
| 513. | Pascal K. | Ei, der eine der hat sich wahrscheinlich.... der hat sich aufgelöst und dann hat man nicht mehr gesehen ob sie sich vermischen .. aber ich denk.... | 41 | SK1 | SK1 | SK 1 |
| 514. | Steven | Welcher Stoff: eins, zwei oder drei? | 42 | SK1 SV | SK1, SV | SV |
| 515. | Pascal K. | Ähm... Stoff ähm ....Stoff eins und zwei. | 43 | SK1 SD | SK1, SV, SD | SK 1 |
| 516. | Franka | Stoff drei eigentlich auch. | 44 | SK2 SD | SK, SV, SD | SK 1 |
| 517. | Eduard | Ja aber: woher weißt du, dass das nur an der Oberfläche ist - das gelbe Zeug? | 45 | SK2 SV | SK2 | SK 1 |
| 518. | Jannik | Ich habe nicht reingegriffen. | 46 | SK1 SD | SD, SK1 | SK 1 |
| 519. | Eduard | Ja, aber wenn du es machst, dann heißt das nicht.... | 47 | SK2 SV | SK2, SV | SV |
| 520. | Pascal K. | Das gelbe Zeug ist direkt bei der Schicht. | 48 | SK2 SV | SD, SK2, SV | SK 2 SD |
| 521. | Jannik | Weißt du´s.... hast du mal reingegriffen? | 49 | SK1 SV | SK1, SV | SK 3 |
| 522. | Janina | Ja die Haut... | 50 | SK1 SV | SK1, SV | SK1 |
| 523. | Pascal K. | Ja die Haut, und dann ist direkt untendrunter das gelbe. | 51 | SK1 SV | SK1, SV, SD, | SK1 |
| 524. | Eduard | Ich habe da auch keine Haut gesehen. | 52 | SK1 SV | SK1, SV | SK1 |
| 525. | einige Schülerinnen | *(fangen an, durcheinander zu reden)* | *53* | SK1 | SK1 | SK1 |
| 526. | Lehrer | Ähm... stopp! Könntet ihr einer nach dem anderen..., sonst wird das nichts. | 54 | LOD | LOD, LDD | LOD |

Da es bei der Beantwortung der ersten Forschungsfrage um die Zuordnung der einzelnen Textbeiträge zum ***Genetisch-Sokratisch-Exemplarischen (GSE) Unterricht nach Wagenschein*** oder zum ***Fragend-Entwickelnden Unterricht (FEU)*** geht, werden die einzelnen Kodierungen jeweils ***trichotom*** eingeschätzt[153]:

1. Beiträge zum Genetisch-Sokratisch-Exemplarischen Unterricht (GSE)
2. Beiträge zum Fragend-Entwickelnden Unterricht (FEU)
3. neutrale Beiträge, die allgemein in jeder Form von Unterricht auftreten können (N).

Damit ergibt sich folgende Häufigkeitsverteilung:

| Nr. | Laufende Nummer n | 1 GSE | 2 FEU | 3 N |
|---|---|---|---|---|
| 472. | 1 | 0 | 2 | 1 |
| 473. | - | - | - | - |
| 474. | 2 | 0 | 2 | 3 |
| 475. | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 476. | 4 | 0 | 0 | 3 |
| 477 | 5 | 0 | 0 | 3 |
| 478. | 6 | 0 | 0 | 3 |
| 479. | 7 | 0 | 0 | 3 |
| 480. | 8 | 1 | 0 | 2 |
| 481. | 9 | 1 | 1 | 1 |
| 482. | 10 | 0 | 0 | 3 |
| 483. | 11 | 3 | 0 | 0 |
| 484. | 12 | 3 | 0 | 0 |
| 485. | 13 | 0 | 0 | 3 |
| 486. | 14 | 0 | 0 | 3 |
| 487. | 15 | 3 | 0 | 0 |
| 488. | 16 | 1 | 0 | 2 |
| 489. | 17 | 1 | 0 | 2 |
| 490. | 18 | 0 | 0 | 3 |
| 491. | 19 | 0 | 0 | 3 |
| 492. | 20 | 0 | 0 | 3 |
| 493. | 21 | 0 | 0 | 3 |
| 494. | 22 | 0 | 0 | 3 |
| 495. | 23 | 2 | 0 | 1 |
| 496. | 24 | 3 | 0 | 0 |
| 497. | 25 | 0 | 0 | 3 |
| 498. | 26 | 3 | 0 | 0 |
| 499. | 27 | 0 | 0 | 3 |
| 500. | 28 | 3 | 0 | 0 |
| 501. | 29 | 0 | 0 | 3 |
| 502. | 30 | 3 | 0 | 0 |
| 503. | 31 | 0 | 2 | 1 |
| 504. | 32 | 0 | 0 | 3 |
| 505. | 33 | 0 | 0 | 3 |
| 506. | 34 | 3 | 0 | 0 |
| 507. | 35 | 3 | 0 | 0 |
| 508. | 36 | 3 | 0 | 0 |
| 509. | 37 | 1 | 0 | 2 |
| 510. | 38 | 0 | 0 | 3 |

[153] Die trichotome Einschätzung aller im Kodierleitfaden vorhandenen Kategorien findet sich im folgenden Abschnitt: **Zusammenstellung zu einem Kodierleitfaden – Theoriegeleitete Formulierungen von Definitionen, Ankerbeispielen und Kodierregeln** im ersten Unterpunkt: **Kodierleitfaden und trichotome Einschätzung** und wird dort ausführlich erläutert.

| Nr. | Laufende Nummer n | 1 GSE | 2 FEU | 3 N |
|---|---|---|---|---|
| 511. | 39 | 0 | 0 | 3 |
| 512. | 40 | 3 | 0 | 0 |
| 513. | 41 | 0 | 0 | 3 |
| 514. | 42 | 0 | 0 | 3 |
| 515. | 43 | 0 | 0 | 3 |
| 516. | 44 | 0 | 0 | 3 |
| 517. | 45 | 0 | 0 | 3 |
| 518. | 46 | 0 | 0 | 3 |
| 519. | 47 | 0 | 0 | 3 |
| 520. | 48 | 0 | 0 | 3 |
| 521. | 49 | 1 | 0 | 2 |
| 522. | 50 | 0 | 0 | 3 |
| 523. | 51 | 0 | 0 | 3 |
| 524. | 52 | 0 | 0 | 3 |
| 525. | 53 | 0 | 0 | 3 |
| 526. | 54 | 0 | 0 | 3 |

Bei der Relativierung der einzelnen Urteilerpaare, die in ihrem Urteil übereinstimmen, an der maximal möglichen Anzahl übereinstimmender Urteilerpaare ergab sich in jeder Zeile der Wert $P_i$; der Durchschnitt dieser Werte den Wert $mP_i$ (entspricht $\overline{P}$):

| Nr. | n | 1 GSE | 2 FEU | 3 N | $P_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 472. | 1 | 0 | 2 | 1 | 0,5 |
| 473. | - | - | - | - | |
| 474. | 2 | 0 | 2 | 1 | 0,5 |
| 475. | 3 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 476. | 4 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 477 | 5 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 478. | 6 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 479. | 7 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 480. | 8 | 1 | 0 | 2 | 0,5 |
| 481. | 9 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 482. | 10 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 483. | 11 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 484. | 12 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 485. | 13 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 486. | 14 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 487. | 15 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 488. | 16 | 1 | 0 | 2 | 0,5 |
| 489. | 17 | 1 | 0 | 2 | 0,5 |
| 490. | 18 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 491. | 19 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 492. | 20 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 493. | 21 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 494. | 22 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 495. | 23 | 2 | 0 | 1 | 0,5 |
| 496. | 24 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 497. | 25 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 498. | 26 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 499. | 27 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 500. | 28 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 501. | 29 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 502. | 30 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 503. | 31 | 0 | 2 | 1 | 0,5 |
| 504. | 32 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 505. | 33 | 0 | 0 | 3 | 1 |

| Nr. | n | 1 GSE | 2 FEU | 3 N | $P_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 506. | 34 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 507. | 35 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 508. | 36 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 509. | 37 | 1 | 0 | 2 | 0,5 |
| 510. | 38 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 511. | 39 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 512. | 40 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| 513. | 41 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 514. | 42 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 515. | 43 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 516. | 44 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 517. | 45 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 518. | 46 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 519. | 47 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 520. | 48 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 521. | 49 | 1 | 0 | 2 | 0,5 |
| 522. | 50 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 523. | 51 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 524. | 52 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 525. | 53 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 526. | 54 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| Summe | | 41 | 7 | 114 | $mP_i = 0{,}91\overline{6}$ |

Damit ergibt sich für Kappa folgender Wert:

$$\kappa = \frac{\overline{P} - \overline{P_e}}{1 - \overline{P_e}} = \frac{\frac{11}{12} - \left(\left(\frac{41}{216}\right)^2 + \left(\frac{7}{216}\right)^2 + \left(\frac{114}{216}\right)^2\right)}{1 - \left(\left(\frac{41}{216}\right)^2 + \left(\frac{7}{216}\right)^2 + \left(\frac{114}{216}\right)^2\right)} \approx 0{,}87$$

Nach Mayring gilt ein Kappa-Wert ab 0.7 als reliabel für gute Übereinstimmungen (Mayring, 2000 in: Flick, Kardoff, & Steinke (Hrsg.) S. 468-475 zitiert nach: Zimmermann 2011, S. 230ff.), womit mit $\kappa = 0{,}878$ die Interkoderreliabilität des Kodierleitfadens gegeben ist.

*Zusammenstellung zu einem Kodierleitfaden – Theoriegeleitete Formulierungen von Definitionen, Ankerbeispielen und Kodierregeln*

*Skalierend strukturierende Inhaltsanalyse (Vergl. Lissmann 1997 S.52ff.)*
Die Zuordnungen werden in einem Kodierleitfaden ausdifferenziert. Der endgültige Materialdurchgang wird dann im Kapitel *„Darstellung und Interpretation der Ergebnisse"* beschrieben. Dabei sollen die Transkripte zunächst an Hand der Häufigkeit der einzelnen Aussagetypen einer skalierend strukturierenden Inhaltsanalyse unterzogen werden. Hierzu werden zuerst nur die Einzelaussagen betrachtet. Die Ausprägungen werden hierbei trichotom eingeschätzt (Vergl. Lissmann 1997, S.53), einmal Äußerungen, die auf einen wagenscheinschen Unterricht im oben beschriebenen Sinne hindeuten (**GSE** – genetisch-sokratisch-exemplarisch), zum zweiten, Äußerungen, die eher einem konventionellen fragend-entwickelnden Unterrichtsstil (**FEU**) zuzuordnen sind und zum dritten Äußerungen, die weder auf das eine noch auf das andere schließen lassen (**neutral**), weil sie in allen Unterrichtsformen auftauchen können.

*Kodierleitfaden und trichotome Einschätzung*

| Kriterium | Erläuterung | Zuordnung | | | Erläuterung der Zuordnung |
|---|---|---|---|---|---|
| **S-Schüler-äußerungen** | | **GSE** | **FEU** | **neutral** | |
| SK | Schüler knüpft an vorgenannte Beiträge an. | | | | |
| SK1 | 1. nimmt Bezug auf vorgenannte Beiträge (antwortet) | | | X | Das Anknüpfen an vorgenannte Beiträge wird nicht beim bloßen Antworten oder Weiterführen der Argumentation, sondern nur bei selbständigen Einbringen eines neuen Aspektes oder qualitativer Weiterentwicklung eines alten Argumentationsgangs als ein Merkmal eines genetisch-sokratisch-exemplarischen Unterrichts eingeschätzt. |
| SK2 | 2. führt von selbst die Argumentation weiter | | | X | |
| SK3 | 3. greift alten Gesprächsfaden auf oder bringt völlig neuen Aspekt in das Gespräch mit ein | X | | | |
| SA | Schüler suchen die Autorität des Lehrers in der Sache | | X | | Wagenschein grenzt den genetisch-sokratisch-exemplarischen Unterricht klar von Äußerungen ab, denen der sogenannte „*Hundeblick auf den Lehrer*" zugrunde liegt. |
| SB | Schüler verwendet Beziehungs- oder Vergleichswörter | X | | | Eigene Wörter bzw. eigene sprachliche Formulierungen sind klare Hinweise auf eine eigene gedankliche Auseinandersetzung mit der Sache. |
| SD | Schüler spricht seine eigene, keine auswendig gelernte Sprache, auch Dialektwörter, um das Phänomen zu beschreiben | X | | | |
| SV | Schülerverhalten lässt Rückschlüsse darauf zu, dass es den Schülerinnen um das Verstehen geht (Volition) | X | | | Diese Zuordnung wird vorgenommen, wenn die Äußerungen der Schülerinnen das Verstehen als Ziel eindeutig formulieren beziehungsweise thematisieren. |
| SW | Schülerin ist in Gedanken woanders und nicht beim Thema | | | X | Eine zeitweilige Ablenkung der Schülerinnen aber auch ein Regeln des sozialen Geschehens kann in jeder Form des Unterrichts vorkommen und ist daher kein spezifisches Kriterium für eine Einschätzung. |
| Ssoz | Schülerin regelt das soziale Geschehen in der Gruppe/Klasse | | | X | |
| **L-Lehrer-äußerungen** | | **GSE** | **FEU** | **neutral** | |
| LK | | | | | |
| LK | Lehrer knüpft an vorgenannte Beiträge an | | | X | Das Anknüpfen des Lehrers an vorgenannte Beiträge tritt sowohl im fragend-entwickelnden Unterricht als auch im sokratischen Gespräch auf, aus dem bloßen Anknüpfen kann daher noch keine eindeutige Zuordnung vorgenommen werden. Diese Einschätzung wird daher dann vorgenommen, wenn sich aus dem Inhalt keine konkretere Zuordnung vornehmen lässt. |
| LM | Lehrer verhält sich als Moderator des Gesprächs | | | | |
| LM1 | 1. Aufmerksamkeitslenkung im Sinn von Awareness | X | | | Diese Kriterien ergeben sich aus dem maieutischen Rollenverständnis des Lehrers, der sich selbst zurücknimmt, um den Schülerinnen dabei zu helfen, eine eigene Auffassung hervorzubringen. |
| LM2 | 2. Lehrer fragt nach, so dass es die Schülerin selbst finden kann | X | | | |
| LM3 | 3. Lehrer stellt Schülerinnen-Gedankengänge gegeneinander und veranlasst zum abwägen | X | | | |
| LM4 | 4. Lehrer ist an der Meinung der Schülerinnen interessiert | X | | | |
| LM5 | 5. Lehrer bringt Schülerverhalten in Bezug zur Tätigkeit des Problemlösens | X | | | |
| LM6 | 6. Lehrer gibt die Frage an die Schülerinnen zurück | X | | | |
| LM7 | 7. Lehrer fasst erarbeitete Ergebnisse in Rückschau auf die Facetten der Schüleräußerungen zusammen | X | | | |
| LA | Lehrer verhält sich als Aushandelnder des Ergebnisses | | | | |

| Kriterium | Erläuterung | Zuordnung | | | Erläuterung der Zuordnung |
|---|---|---|---|---|---|
| LA1 | 1. Aufmerksamkeitslenkung im Sinne von Attention | | X | | Diese Kriterien ergeben sich aus einem Rollenverständnis des Lehrers als eines Experten, der die Schülerinnen durch eine geschickte Fragetechnik zu der richtigen Auffassung der Sache hinführt. Dem liegt die Überzeugung zugrunde, dass es überhaupt nur eine richtige Sichtweise auf den Sachverhalt gibt. |
| LA2 | 2. Lehrer weist direkt auf etwas hin | | X | | |
| LA3 | 3. Lehrer selektiert Schülerbemerkungen | | X | | |
| LA4 | 4. Lehrer vermittelt den Eindruck, dass er gute von schlechten Antworten unterscheiden kann | | X | | |
| LA5 | 5. Lehrer wertet Schülerverhalten | | X | | |
| LA6 | 6. Lehrer fasst erarbeitete Ergebnisse in Vorschau auf das von ihm angestrebte Lernziel zusammen | | X | | |
| LF | Lehrerverhalten lässt Rückschlüsse auf den Fokus des Lehrers zu, dieser liegt: | | | | |
| LF1 | 1. auf ihm selbst | | | X | Nur bei einem Fokus des Lehrers auf die Sache wird die Einschätzung eines Rollenwechsels des Lehrers weg vom Experten hin zum Längerlernenden vorgenommen. |
| LF2 | 2. auf seinen Lehrerhandlungen | | | X | |
| LF3 | 3. auf dem Verhalten der Schüler | | | X | |
| LF4 | 4. auf dem Lernen der Schüler | | | X | |
| LF5 | 5. auf der Sache | X | | | |
| LV | Lehrer macht deutlich, dass es um das Verstehen geht | | | | |
| LV1 | 1. allgemein um das Verstehen | X | | | Diese Zuordnung wird vorgenommen, wenn die Lehreräußerungen das Verstehen als Ziel eindeutig formulieren beziehungsweise thematisieren. |
| LV2 | 2. um das individuelle Verstehen | X | | | |
| LO | Lehrer organisiert das unterrichtliche Geschehen durch: | | | | |
| LOO | • Organisatorische Anweisungen (*„Nimm bitte den Spatel"* etc.) | | | X | Die organisatorische Rolle des Lehrers ist unabhängig vom Unterrichtsverfahren Bestandteil jedes Unterrichts. Hieraus lässt sich keine eindeutige Zuordnung ableiten. |
| LOD | • Direkte Anweisungen (*„Hör damit auf."*) | | | X | |
| LOS | • Klären der sozialen/pädagogischen Verhältnisse (*„Ich bringe Dir das Blatt später."*) | | | X | |
| LOK | • Klären eines Sachverhalts (*„In diesem Sinne ist das gemeint."*) | | | X | |
| LInit | | | | | |
| LInit | Lehrer wirkt im wagenscheinschen Sinne als Initiator zur Verbindung der Lernenden mit der Sache durch Wechsel des Fokus und Wechsel der Rolle als Aushandelnder/Moderierender | X | | | Diese Einschätzung ergibt sich durch den Wechsel der Lehrerrolle und den Wechsel des Fokus des Lehrers während einer Lehreräußerung. |

| Kriterium | Erläuterung | wird deutlich an... |
|---|---|---|
| **Verst Ind** | Zeigt sich in der Tendenz: nur **ein einziger** Verstehensprozess einer Sache, nämlich der Verstehensprozess der Klasse oder in der Tendenz so **viele** Verstehensgeburten, wie es Schülerinnen gibt? | Wird am Inhalt der einzelnen Schüleräußerungen deutlich, aber auch an der Tendenz der Lehreräußerungen (LF und LV) |
| **Verst Kla** | Arbeitet die Klasse an einem entstandenen Problem weiter, das für beide Klassen zwangsläufig verschieden ist, oder folgt der Lehrer einem allgemeinen Plan, der für beide Klassen gleich ist? | Wird am Inhalt der einzelnen Schüler- und Lehreräußerungen deutlich. |
| **Dicht** | Wo wird das Gespräch inhaltlich dichter oder „zerfasert" es phasenweise? Ruft das Initiationsphänomen ruft tiefgehendes Staunen hervor und erweckt es den Wunsch nach einer forschenden Tätigkeit? Spricht es die Sinne an und ist es ästhetisch ansprechend? | Wird am Inhalt der einzelnen Schüleräußerungen deutlich. Bleibt es bei den Schüleräußerungen bei Äußerungen der Stufe SK1 oder erhöht sich die Dichte der Äußerungen der Stufen SK2 und SK3? Verwenden die Schülerinnen Wörter, die auf eine affektive Erfahrung schließen lassen? Suchen die Schülerinnen nach treffenden Worten? |
| **Fra** | Erzeugt das Phänomen eine Fragehaltung? Werden die Fragen durch die Schüler notiert und auch geäußert? | Treten Frageäußerungen auf, die nicht nur eine Klärung des Sachverhalts um der Erfüllung des Pensums willen (SA), sondern um des Verstehens der Sache selbst willen zum Ziel haben (SD, SB, SV)? |
| **Ex Var** | Lassen die Experimente viele Variationen zu? | Zeigt sich an der Auswahl der Experimente. |
| **Ex Ein** | Sind die Experimente und die Variationen einfach und ungefährlich? Sind sie von allen durchführbar und vom Versuchsaufbau leicht durchschaubar? | Dieses Kriterium ist bereits durch die Unterrichtsplanung festgelegt. |
| **Ex Anl** | Wird darauf verzichtet, eine schriftliche Arbeitsanleitung oder ein Arbeitsblatt vorzulegen: Erfolgen Versuchsanleitungen in der Initiationsphase oder punktuell bei der Einführung von Variationsmöglichkeiten durch mündliche Mitteilungen oder kurze Vorführungen durch den Lehrer oder durch andere Arbeitsgruppen? | Dieses Kriterium ist bereits durch die Unterrichtsplanung festgelegt. |
| **Ex Bed** | Sind die Ausgangsbedingungen offen. Gilt vor allem für die Auswahl von Variationsexperimenten. Ist die Zeit zum Experimentieren sehr großzügig bemessen? Wird darauf verzichtet, auch indirekt, Lösungen vorzugeben? | Zeigt sich an der Auswahl der Experimente und an der inhaltlichen und zeitlichen Organisation des Unterrichts. |

*Endgültiger Materialdurchgang → Summative Reliabilitätsprüfung*
Die einzelnen Unterrichtsstunden/Doppelstunden werden der Reihe nach dargestellt. Zunächst wird die *Anlage der Einzelstunde /Doppelstunde* und dann die *Anlage des Experimentes* beschrieben. Anschließend folgt der Reihe nach die *Beschreibung der Durchführung der einzelnen Phasen.* Dabei werden die allgemeinen Gesprächsanalysekriterien, die sich aus der Betrachtung längerer Unterrichtsabschnitte ergeben, angewendet und markiert, beispielsweise→ **Ex Var**.

Die letzte Phase (Phase B oder Phase C, je nachdem, wie die Stunde gestaltet ist), in der das sokratische Gespräch über die Deutung der Wahrnehmung bei den Experimenten stattfindet, wird dabei bei den Stunden zur Chemischen Reaktion (Golddünen, Pyrolyse von Zellulosewatte, Herstellung von Kupfersulfid) einer ausführlicheren Analyse unterzogen:

- Zunächst wird der zeitliche Ablauf dieser Phase, wie bei den anderen Phasen auch, geschildert.
- Dann wird der Inhalt, also die Schülerdeutungen der Versuchsabläufe, zusammengefasst.
- Weiterhin wird von dieser Phase ein sogenanntes ***Phasendiagramm***[154] erstellt. Hierbei wird nur die inhaltliche Argumentation während der Gespräche und zwar nur die Gesprächsanteile, bei denen es um die ***Deutung der Wahrnehmung*** geht, tabellarisch durch Ankreuzen den einzelnen inhaltlichen Deutungen zugeordnet. Das jeweilige Diagramm beginnt also nicht zwangsläufig am Anfang der Phase, sondern an der Stelle, an der die erste Deutung im Gespräch geäußert wird.

[154] ***Aus Gründen der Übersicht wird nur das erste Phasendiagramm im Text abgedruckt, alle weiteren Phasendiagramme finden sich dann im Anhang „Phasendiagramme".***

Diese Art der Darstellung zeigt zum einen die Länge der Argumentationsketten auf. Das bedeutet, dass nicht jede Aussage wörtlich die Zuordnung beinhalten muss, sondern dass *Argumentationsstränge* markiert werden in dem Sinne von: *Dieser Beitrag gehört auch noch in diese Gedankenkette.* Damit werden auch doppelte Zuordnungen möglich.
Zum anderen sind in dieser Art der Darstellungen alle Textstellen, in denen es nicht direkt um die Deutung der Wahrnehmung geht, weggelassen, so dass nur das ***inhaltliche Gerüst des Gesprächs*** sichtbar wird. Die Zeilen, in der Äußerungen zum sozialen Geschehen, organisatorische oder andere Textbeiträge stehen, tauchen als ***Leerzeilen*** im Diagramm auf; in diesen Leerzeilen wird lediglich der Name der jeweils sprechenden Person angegeben. Dieser wird aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht in schwarzer sondern grauer Farbe gedruckt. Damit wird die in der Wagenscheindidaktik bedeutsame ***Verdichtung*** auch ***optisch*** durch die Verdichtung der Kreuzchen deutlich gemacht.
Die Nummerierung der Textzeilen in den Phasendiagrammen entspricht der Nummerierung in den Transkripten.

- Im Anschluss erfolgt eine weitere Betrachtung, die sich an den allgemeinen Gesprächsanalysekriterien orientiert und die bedeutsame Elemente der jeweiligen Einzel-/Doppelstunde beschreibt (Schülerverhalten, Lehrerverhalten, Fokus des Lehrers usf.)

Zu den Beschreibungen insgesamt werden beispielhafte Textstellen der Transkripte in Klammern als Beleg beigefügt, beispielsweise **(398G2B)**. Dabei bezeichnet die Zahl **398** die fortlaufende Nummer im Transkript, die Buchstabenfolge **G2B** die Phase, also in diesem Beispiel die ***G***ruppenarbeitsphase ***B*** der Gruppe ***2***.

Zum Beschluss der Darstellungen wird die Häufigkeitsverteilung der Einzeläußerungen, die auf einen wagenscheinschen Unterricht im oben beschriebenen Sinne hindeuten (GSE – genetisch-sokratisch-exemplarisch), tabellarisch angegeben.

*Interpretation der Ergebnisse und der Häufigkeitsverteilungen*

*Kodierung*
Alle Videoaufzeichnungen der Unterrichtsstunden wurden komplett wörtlich transkribiert. Für die Kodierung wurde entschieden, die Inhaltsanalyse nicht computerunterstützt, sondern manuell durchzuführen, weil

- *die Hypothese komplexe Zusammenhänge beinhaltet,*
- *die erhobenen Kategorien inhaltliche Bedeutungen und keine formal physikalischen Zeichen erfassen,*
- *sie ein Sprachverständnis voraussetzen,*
- *die Kodierarbeit inhaltlich anspruchsvoll ist,*
- *die Syntax durch natürlichsprachige Sätze und nicht nur durch Stichworte charakterisiert ist* (Vergl.: Geis, 1992 in: Züll & Mohler (Hrsg.) 1992, S. 7-32).

### 3.2 Durchführung der Untersuchung bei der 2. und 3. Forschungsfrage

2. Forschungsfrage: Welche Variationen im Verstehen des chemischen Grundbegriffs *Chemische Reaktion* lassen sich feststellen?
2.1 Rekonstruktion der Verständnisinhaltsklassen zum Thema *Chemische Reaktion*
2.2 Phänomenographische Kartierung des Verständnisspektrums *Chemische Reaktion*

3. Forschungsfrage: Welche Schüleräußerungen und Lernwege deuten auf ein *vertieftes Verstehen* des Phänomens *Chemische Reaktion* hin?
3.1 Welche Lernwege sind in den *Landkarten des Verstehens* erkennbar?
3.2 Welche Schüleräußerungen deuten auf ein vertieftes Verstehen des Phänomens *Chemische Reaktion* hin?

Die zur Anwendung kommende Untersuchungsmethode ist die auf Ference Marton zurückgehende Phänomenographische Analyse (Vergl.: Marton 1981, S. 177-200).

***Erhebungsmaterialien zur zweiten und dritten Forschungsfrage***

| Forschungsfrage | Material | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Videofilme | Fragebogen | Einzelinterviews | Unterrichtstagebuch |
| 2. Forschungsfrage: Welche Variationen im Verstehen des chemischen Grundbegriffs Chemische Reaktion lassen sich feststellen? | | | | |
| 2.1 Rekonstruktion der Verständnisinhaltsklassen zum Thema Chemische Reaktion | X | X | | |
| 2.2 Phänomenographische Kartierung des Verständnisspektrums Chemische Reaktion | X | X | | |
| 3. Forschungsfrage: Welche Schüleräußerungen und Lernwege deuten auf ein „vertieftes Verstehen" des Phänomens Chemische Reaktion hin? | | | | |
| 3.1 Welche Schüleräußerungen deuten auf ein vertieftes Verstehen des Phänomens Chemische Reaktion hin? | X | X | X | |
| 3.2 Welche Lernwege sind in den Landkarten des Verstehens erkennbar? | X | X | X | |

***Verfahren der Datenauswertung – Phänomenographie***

Nach der Untersuchung des Unterrichtsphänomens wird der Blick im zweiten Teil der Untersuchung auf das Lernphänomen gerichtet. Die hierbei zur Anwendung kommende Untersuchungsmethode ist die Phänomenographie. Diese beschäftigt sich, wie beschrieben, nicht wie die Phänomenologie mit den Phänomenen an sich, sondern für die Wege, wie Menschen Phänomene in der Lebenswelt erleben oder verstehen.

Die hier durchgeführte Phänomenographische Analyse besteht aus zwei Teilen, einem Querschnitt, nämlich der Darstellung der Variationen im Verstehen des chemischen

Grundbegriffs *Chemische Reaktion* in der Klasse und der von den Schülerinnen eingenommenen Perspektiven (***Antwort auf die zweite Forschungsfrage***) und einem Längsschnitt, nämlich der Schilderung der Lernwege einzelner Schülerinnen im Prozess und die Analyse dieser Lernwege im Hinblick auf das vertiefte Verstehen im Wagenscheinschen/Helmstadschen Sinne (***Antwort auf die dritte Forschungsfrage***).

Die vorliegende Untersuchung der Unterrichtseinheit zum Thema *Chemische Reaktion* orientiert sich methodisch an den *„Phänomenographischen Untersuchungen zum „Molbegriff""* (Lybeck et al. 2003, S.61-96).

Jene ist jedoch hinsichtlich der Einführung des Fachbegriffs eine retrospektive Methode, die die unterschiedlichen Konzeptualisierungen des Molbegriffs nach dessen Einführung untersucht. Die hier durchgeführte Untersuchung ist im Bezug auf die Einführung des Fachbegriffs prospektiv, das heißt, der Fachbegriff *Chemische Reaktion* wurde vom Lehrer vorher nicht gebraucht, die Konzeptualisierungen der Schülerinnen orientieren sich also ausschließlich am wahrgenommenen Phänomen[155].

Im ***ersten Schritt (zweite Forschungsfrage)*** werden die in der Klasse ausgehandelten ***Argumentationsmuster*** dargestellt, ihre zugrundeliegenden Bedeutungen herausgearbeitet und diese in Klassen von Argumentationsmustern (Verständnisinhaltsklassen) zusammengefasst. Diese werden in einer kollektiven Landkarte abgebildet, die einen vollständigen Ergebnisraum der möglichen Deutungen vorstellt.
Die Anlage der Stundenthemen der Unterrichtssequenz ist dazu so breit gewählt, dass ein möglichst weiter Horizont aufgespannt wird:

- der Golddünenversuch, bei dem ein neuer Stoff „quasi aus dem „Nichts"" entsteht
- die Pyrolyse von Zellulosewatte, in der ein Stoff verschwindet und mehrere neue Stoffe entstehen
- das Erhitzen von Kupfer und Schwefel, bei dem aus zwei Stoffen ein neuer Stoff entsteht

und somit die Bedingungen der Möglichkeit für alle Variationstypen gegeben sind.
Hierbei liegt der Focus auf den inhaltlichen Aussagen der Schülerinnen, also auf dem, was die Schülerinnen wahrnehmen.

Aus den Aussagen lassen sich jedoch ebenfalls die von den Schülerinnen eingenommenen ***Perspektiven*** rekonstruieren, also die Standpunkte, von denen aus die Schülerinnen die wahrgenommenen Phänomene zu deuten suchen.

Im ***zweiten Schritt (dritte Forschungsfrage)*** werden die individuellen Verstehensprozesse von elf Schülerinnen in einer *„Kartierung von Denkwegen"* (Buck 1997, S. 50) im Verlauf der Unterrichtssequenz und der darauffolgenden Auswertungsgespräche und Interviews unter Zuhilfenahme der Fragebögen nachgezeichnet.

Bei der Durchführung der Interviews wurde nicht immer chronologisch nach der Reihenfolge der Versuche aufeinander vorgegangen, sondern der Interviewer, Peter Buck, versuchte mit den Fragen der Interviews auf die einzelnen Schülerinnen individuell einzugehen. Da es sich beim Gegenstand der Interviews um eine Gesamtschau der drei Versuche zum Thema

---

[155] Gleichwohl zeigt sich dann im Verlauf der Untersuchung, dass der Begriff *Reaktion* oder auch der vollständige Begriff *Chemische Reaktion* von einigen Schülerinnen verwendet wird, um ihre Deutung der Wahrnehmung zu verbalisieren (z.B.: Golddünen 8a: 88G1A, 557C, Golddünen 8b: 127A, 536B, Kupfer und Schwefel 8a: 306B, Kupfer und Schwefel 8b: 339B, 409B).

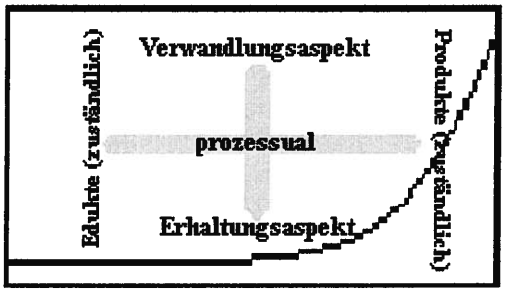
Chemische Reaktion handelt, kamen auch nicht bei jedem Interview Aussagen zu jedem Versuch zustande.
Um die Schülerinnen für den Unterschied zwischen Stoff und Eigenschaften zu sensibilisieren, wurde in jedem Interview in Anlehnung an den Fragebogen der Unterschied zwischen Farbe und Farbstoff im Sinne und am Beispiel der englischen Begriffe *colour* und *paint* thematisiert. Auch wurde in einigen Interviews auf den Chromatographie-Versuch eingegangen, in einigen auf das Verhalten von Schwefel beim Erwärmen. Für die Nachzeichnung der Denkwege wurden Aussagen dazu jedoch nur aufgenommen, wenn sie für das Gesamtbild als notwendig erachtet wurden.

Hierbei werden die Aussagen der einzelnen Schülerinnen zu den beobachteten Phänomenen einmal im Verlauf des Unterrichts und einmal im Interview jeweils auf der aus der Gesamtheit der Schüleräußerungen entwickelten kollektiven Landkarte nachgezeichnet, von jeder Schülerin liegen demzufolge dann zwei individuelle *Karten der Denkwege* vor, die im Rahmen einer Datentriangulation jeweils miteinander als auch mit den Ergebnissen der Fragebögen verglichen werden. Auf diesen *Karten der Denkwege* werden jeweils die Äußerungen zu allen drei Unterrichtsstunden zusammen eingetragen, weil die drei Versuche, wie oben beschrieben, so gewählt wurden, dass sie alle drei zusammen den Horizont des Phänomens *Chemische Reaktion* aufspannen.

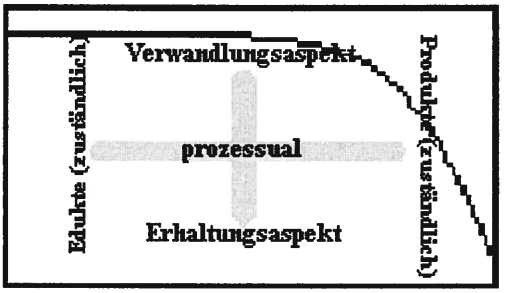
Dabei stimmt der Verlauf der Argumentation ***nicht*** mit dem Verlauf des Unterrichts oder des Interviews überein, ***vielmehr ist die Zeitachse hierbei die auf der kollektiven Landkarte eingezeichnete, also die vom Beginn des Phänomens (bzw. der drei Phänomene in der Gesamtschau) bis zum Ende.***

Je nachdem, worauf sich die Schülerin im Verlaufe der Reaktion konzentriert, um das Phänomen zu beschreiben (Wandel ←→ Erhaltung, statisch ←→ prozessual), ergeben sich folgende acht Grenzstrukturen der Argumentationslinien auf einer Karte der Denkwege aus ihrer zweidimensionalen Struktur, wobei die tatsächlich gefundenen Denkwege immer eine Mischung der einzelnen Grenzstrukturen aufweisen werden.
Diese Grenzstrukturen stellen demzufolge nur eine Hilfe dar, die Karten der individuellen Denkwege zu ordnen.

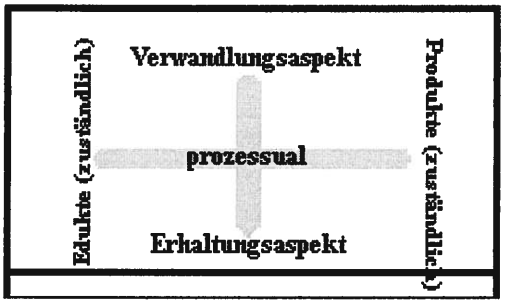
Die Schülerin betont zu Beginn der Reaktion den Erhaltungsaspekt, während des Prozesses ebenfalls und erst zum Schluss der Reaktion liegt der Schwerpunkt ihrer Argumentation auf dem Verwandlungsaspekt:



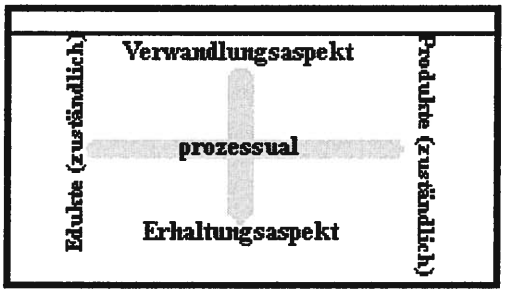

Die Schülerin betont zu Beginn der Reaktion den Verwandlungsaspekt, während des Prozesses ebenfalls und erst zum Schluss der Reaktion liegt der Schwerpunkt ihrer Argumentation auf dem Erhaltungsaspekt:



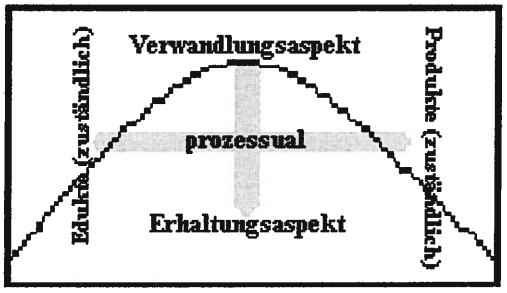

Die Schülerin betont zu Beginn der Reaktion den Erhaltungsaspekt und behält diesen Schwerpunkt die ganze Zeit über bei:



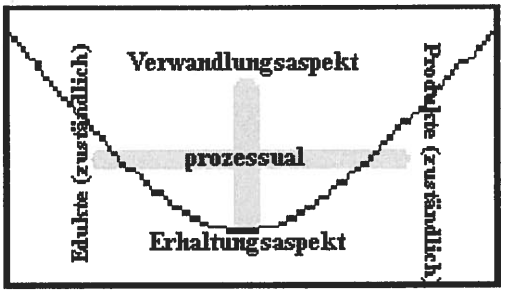

Die Schülerin betont zu Beginn der Reaktion den Verwandlungsaspekt und behält diesen Schwerpunkt die ganze Zeit über bei:



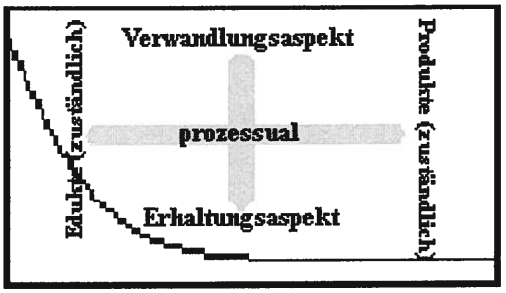

Die Schülerin betont zu Beginn der Reaktion den Erhaltungsaspekt, während des Prozesses jedoch den Verwandlungsaspekt und zum Schluss der Reaktion liegt der Schwerpunkt ihrer Argumentation wieder auf dem auf dem Erhaltungsaspekt:



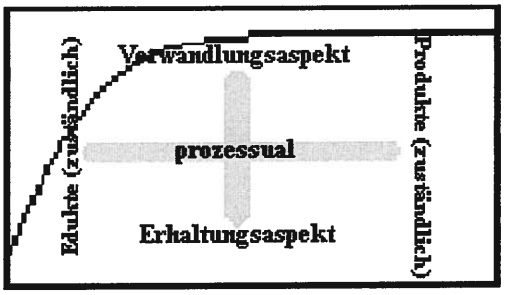

Die Schülerin betont zu Beginn der Reaktion den Verwandlungsaspekt, während des Prozesses jedoch den Erhaltungsaspekt und zum Schluss der Reaktion liegt der Schwerpunkt ihrer Argumentation wieder auf dem auf dem Verwandlungsaspekt:




Die Schülerin betont zu Beginn der Reaktion den Verwandlungsaspekt, während des Prozesses jedoch den Erhaltungsaspekt und behält diesen Schwerpunkt auch bis zum Ende der Reaktion bei:




Die Schülerin betont zu Beginn der Reaktion den Erhaltungsaspekt, während des Prozesses jedoch den Verwandlungsaspekt und behält diesen Schwerpunkt auch bis zum Ende der Reaktion bei:




Die einzelnen Argumentationslinien der Schülerinnen werden dargestellt und zusammenfassend wird versucht, die Argumentationslinien der elf Schülerinnen jeweils mit einem Satz der Form:

Die Schülerin sieht die beobachteten Phänomene vorwiegend als ..... an, wobei sie sich besonders auf ..... konzentriert.

zu beschreiben. Die Zuordnung der Argumentationslinien zu den oben beschriebenen Grenzstrukturen bildet die Basis, die von der jeweiligen Schülerin gewählten Argumentationsmuster zu ordnen.

Danach werden die von den Schülerinnen eingenommenen ***Perspektiven*** herausgearbeitet.

Die individuellen Verstehensprozesse, das heißt der Verstehensweg der einzelnen Schülerinnen auf der kollektiven Landkarte sowie die von den Schülerinnen eingenommenen Perspektiven werden mit dem auf Wagenscheins „Rangstufen des Verstehens" und der Adaptation für Kompetenzentwicklungsstufen für die Kompetenz „Verstehen" durch Rehm (Rehm 2006, S. 23 – 44) basierenden Prozessmodell des Verstehens, das im Kapitel über das Verstehen entwickelt wurde, verglichen. Die im Kapitel über das Verstehen von Chemie beschriebenen Anzeichen für die Zuordnung zu einer Rangstufe werden nun für diese Unterrichtssequenz noch einmal entsprechend spezifiziert:

| **Rangstufe** | **Anzeichen** | **spezifisch für diese Unterrichts-sequenz** |
|---|---|---|
| I. Nur *verbal:* | Die Schülerin sagt: „Es hat eine chemische Reaktion, eine Stoffumwandlung stattgefunden. Bei einer chemischen Reaktion entstehen neue Stoffe mit neuen Eigenschaften." | Die Schülerin sagt: „Es hat eine chemische Reaktion[156], eine Stoffumwandlung stattgefunden. Bei einer chemischen Reaktion entstehen neue Stoffe mit neuen Eigenschaften." |
| II. Nur *technisch* (verfügend, bedienend): | Die Schülerin kann anhand der Eigenschaften der Stoffe bei einem Experiment überprüfen, ob es sich bei einem Vorgang um eine chemische Reaktion handelt, das heißt: lassen sich Schülerinnenäußerungen feststellen, die auf die Identifikation eines Stoffes mit dem Auftreten neuer Eigenschaften hinweisen? | Eigenschaften bleiben erhalten<br>⇨ Stoffe bleiben erhalten<br>beziehungsweise:<br><br>Eigenschaften gehen verloren<br>⇨ Stoffe gehen verloren |
| III. *Einsichtig* (verstehend): | Die Schülerin erkennt chemische Reaktionen im Alltag wieder, verbindet also mit dem Vorgang eine Vorstellung. Sie kann bei bekannten Stoffen Voraussagen über mögliche chemische Reaktionen machen, die der Stoff eingehen kann, das heißt: lassen sich Schülerinnenäußerungen feststellen, die Aufschluss über die Vorstellungen der Schülerinnen über die Art des Vorganges machen - welcher Phänomenographischen Kategorie ist die Vorstellung der entsprechenden Schülerin zuzuordnen? | Die Schülerin verbindet mit dem Vorgang eine Vorstellung, die aus der Wahl von **eigenen** Worten oder Vergleichsworten deutlich wird. |

[156] Der Fachbegriff ***Chemische Reaktion*** wurde zwar vereinzelt schon während der Unterrichtssequenz von einzelnen Schülerinnen geäußert, jedoch erst unmittelbar im Anschluss als solcher im Unterricht eingeführt. Sowohl die Bearbeitung des Fragebogens als auch die klinischen Einzelinterviews wurden erst danach durchgeführt und folglich konnte der Begriff hierin als bekannt vorausgesetzt werden.

| Rangstufe | Anzeichen | spezifisch für diese Unterrichts-sequenz |
|---|---|---|
| IV. — Stufe der fachmethodischen „Schulung": | Die Schülerin macht Aussagen über die Bedingungen der Möglichkeiten unter denen chemische Reaktion auftreten. Sie weiß um Umkehrbarkeit von chemischen Reaktionen. Die Schülerin schlägt von sich aus zielgerichtete Experimente vor, deren Rolle es dann ist, die Ergebnisse des Denkprozesses zu bestätigen oder zu falsifizieren. | Die Schülerin unterscheidet zwischen Synthesen und Analysen, auch wenn diese Begriffe noch nicht explizit eingeführt wurden. |
| V. — Stufe der systematischen Expansion: | Grundbegriffe der Chemie<br>Die Schülerin weiß den Begriff der chemischen Reaktion in den Zusammenhang der anderen ihr bisher bekannten chemischen Grundbegriffe (Atom, Stoff, ... ) zu stellen und diese voneinander abzugrenzen. | Grundbegriffe der Chemie<br>Die Schülerin argumentiert auf der Basis eines klaren Stoffbegriffes, der aus ihrer Argumentation eindeutig erkennbar ist oder aufgrund eines Teilchenkonzeptes bzw. aufgrund der Lavoisierschen Principes. |
| VI. – Stufe der *abstand-nehmenden* („wissenschafts-theoretischen") *Betrachtung:* | Die Schülerin lernt darüber hinaus, sich auf den Weg zu machen, Chemie als Aspekt der Wirklichkeit zu begreifen, zum Beispiel, indem sie lernt, voneinander abgrenzbare Wissensarten, wie sie Messner, Rumpf und Buck für die naturwissenschaftliche Allgemeinbildung als relevant darstellen, zu erkennen und zu unterscheiden.. | Die Schülerin äußert sich kritisch zum eigenen Wahrnehmen und/oder Deuten des Phänomens bzw. sie äußert sich kritisch zur im naturwissenschaftlichen Unterricht erfahrenen Methode der Erkenntnisgewinnung. |

Auf diese Weise lassen sich die Verstehensprozesse als hierarchisch gestufte „Ergebnisräume" interpretieren; das „vertiefte Verstehen" als solches steht im Ergebnisraum der Untersuchung von Glen Helmstad auf der Stufe von *„Understanding as a realisation"* (Helmstad 1999, S. 138ff.).

***Datenanalyse bei der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage***

Der Prozesses der Datenanalyse durchläuft dabei mehrere Stufen, um am Ende zu einer kollektiven Landkarte zu gelangen, auf der jedes auftretende Argumentationsmuster verortet werden kann (Vergl.: Lybeck et al 2003 S.69).

Dabei werden die Transkripte der Unterrichtsstunden und der Metagespräche, die der Interviews und die Fragebögen sowohl auf Gemeinsamkeiten und Ähnlichkeiten als auch auf Diskrepanzen hin untersucht.

Während des ersten Durchgangs der Datenanalyse werden die unterschiedlichen Kategorien bestimmt, die das Verständnis der einzelnen Schülerinnen zum Phänomen beschreiben.

Die dabei geltenden Regeln der Analyse sind die innere Konsistenz der Kategorien sowie die kleinstmögliche Anzahl an Kategorien, mit der das Phänomen vollständig beschrieben werden kann (Vergl.: Orgill o. J.).

In einem zweiten Untersuchungsschritt werden die Daten, also die Interviewtranskripte, Videotranskripte und die ausgefüllten Fragebögen daraufhin analysiert, ob die gefundenen Kategorien die in den Daten gefundenen Verständnisse vollständig und zutreffend beschreiben.

Dieser zweite Schritt mündet in Anpassung der Kategorien und einem dritten, gegebenenfalls vierten und fünften Analyseschritt (Vergl.: Orgill o. J.), solange, bis eine innere Konsistenz erreicht ist.

Es wird dabei versucht, die einzelnen individuellen Ergebnisräume auf dem Hintergrund der so erstellten kollektiven Landkarte zu interpretieren. Dabei stößt man auf das Problem, dass diese natürlich erst aufgrund der einzelnen Ergebnisräume herausgearbeitet werden kann (Vergl.: Lybeck et al. 2003, S.61). Der dialektische Prozess des wechselnden Blickes auf die Teile und dann wieder auf das Ganze lässt eine Auffassung der Ergebnisräume als Räume im Wittgensteinschen Sinne (Vergl.: Wittgenstein 1994, S. X) zu. Damit ist der phänomenographische Forschungsprozess auch auf einer anderen Ebene kohärent zum Verstehensprozess aus Zuwendung und Aneignung, wie er oben beschrieben wurde.

Das eine Ergebnis, die kollektive Landkarte, von Marton auch als „*outcome space*" (Marton & Booth 1997, S. 136) bezeichnet, stellt ein Ergebnis der Untersuchung dar: die Gesamtheit der Argumentationsmuster, sowie die von den Schülerinnen eingenommenen Perspektiven und den Querschnitt der Verständnisinhaltsklassen als ***Antwort auf die zweite Forschungsfrage.***

***Datenanalyse bei der Beantwortung der dritten Forschungsfrage***

Um als Längsschnitt die Darstellung der individuellen Lernwege zu erhalten, werden einmal die einzelnen Äußerungen der elf Schülerinnen in den sokratischen Gesprächsphasen, bei denen es um die Deutung der wahrgenommenen Phänomene geht, betrachtet. Die Betrachtung bezieht sich dabei auf den Golddünenversuch, die Pyrolyse von Zellulosewatte und der Reaktion von Kupfer mit Schwefel.

In einem weiteren Schritt werden dann diejenigen Aussagen zu den drei Versuchen, die die Schülerinnen im Interview machen, betrachtet.

Die einzelnen Aussagen werden jeweils nummeriert und dann in der Reihenfolge ihres Auftretens in die kollektive Landkarte eingetragen und mit Linien miteinander verbunden. Die Aussagen zum Golddünenversuch werden mit G1, G2, G3 usw. (für *Golddünen*) bezeichnet, die Aussagen zur Pyrolyse von Zellulosewatte mit W1, W2, W3 usw. (für *Watte*) und die Aussagen zur Reaktion von Kupfer mit Schwefel mit K1, K2, K3 usw. (für *Kupfer und Schwefel*).
Wird in einigen Interviews auf den Chromatographie-Versuch beziehungsweise auf das Verhalten von Schwefel beim Erwärmen eingegangen, so dass die Aussagen dazu für das Gesamtbild als notwendig erachtet und sie in die Nachzeichnung der Denkwege aufgenommen werden, so werden diese Aussagen mit Chr1, Chr2, Chr3 usw. (für *Chromatographie*) beziehungsweise S1, S2, S3 usw. (für *Schwefel erwärmen*) bezeichnet.

Auf diese Weise entstehen von jeder der elf Schülerinnen zwei Lernwege auf der kollektiven Landkarte, die zusammen mit den Antworten auf dem Fragebogen zur Interpretation herangezogen werden können.

Das Ergebnis ist der Längsschnitt, das heißt die Darstellung der individuellen Lernwege elf einzelner Schülerinnen, die Verortung dieser Lernwege auf der kollektiven Landkarte und die Untersuchung und Einordnung der Prozesse, die auf ein vertieftes Verstehen schließen lassen in die Wagenscheinschen/Helmstadschen Rangstufen des Verstehens.
Dieses Ergebnis ist dann die ***Antwort auf die dritte Forschungsfrage***.

***Gütekriterien***
Bei dem Querschnitt der gefundenen Kategorien in den Klassen werden die Ergebnisse der gefundenen Kategorien miteinander verglichen, um damit die Validität, das ist in diesem Falle die Vollständigkeit der Beschreibung der Verstehensarten des Phänomens durch die in den Klassen gefundenen Kategorien (Vergl.: Marton 1981 S. 195), zu gewährleisten. Dazu werden, wie in der Übersicht beschrieben, die Transkripte der Unterrichtsstunden, der Metagespräche und der Interviews, sowie die Fragebögen herangezogen.

Dabei erhebt die Studie den Anspruch dass das jeweilige ***Set der Kategorien***, also die ***zweidimensionale Landkarte*** des Verstehens einer chemischen Reaktion als ***Querschnitt*** bei der zweiten Forschungsfrage und die ***Kategorien der Verstehensprozesse*** als ***Längsschnitt*** bei der dritten Forschungsfrage im Martonschen Sinne ***stabil und verallgemeinerbar*** ist, weil es in unterschiedlichen Situationen, hier in unterschiedlichen Klassen beziehungsweise unterschiedlichen Unterrichtsstunden, auftaucht (Vergl.: Marton 1981 S. 195).

Zudem wird in einem iterativen Verfahren geprüft, ob sich der in der zweiten Forschungsfrage gefundene Ergebnisraum in einer anderen Klasse, das heißt in der Wiederholung der Unterrichtssequenz in einer verdichteten Form, in einer Doppelstunde vollständig aufspannen lässt (Vergl. Murmann 2002 S. 95ff.). Die Ordnung der Kategorien und deren logische Konsistenz (Vergl. auch: Welzel 1995, S. 93), das heißt die Aufspannung des gefundenen Ergebnisraumes allein durch die Schüleraussagen in der Iterationssequenz wird somit abgesichert.

***Untersuchungsmaterialien zur zweiten, dritten und vierten Forschungsfrage***
Wird das Interview als zentrale Methode der Phänomenographie angesehen (Vergl.: Valfridsson 2009, S. 19), weil man dort den direkten Zugang zu den Auffassungen der befragten Person hat, so werden in dieser Arbeit im Zuge eines Triangulationsansatzes zusätzlich auch die klinischen Fragebögen und die Transkripte der videographierten Unterrichtsstunden und der Metagespräche zur Analyse herangezogen.

**3.3 Durchführung der Untersuchung bei der vierten Forschungsfrage:**
Inwieweit lässt sich das „vertiefte Verstehen" auf die Wagenscheindidaktik zurückführen?
In diesem Kapitel geht es um das von den lernenden Subjekten erlebte Verstehen und es geht um die Klassifikation solchen Verstehens in das Wagenschein/Helmstadschen Schema der Rangstufen.. Individuelles Verstehen lässt sich allerdings nicht direkt beobachten, sondern nur rekonstruieren (Vergl.: Buck 1993, S. 225), demzufolge lassen sich nur Aussagen über das Verstehen einzelner Schülerinnen aus deren eigenen Aussagen, also aus einer Perspektive zweiter Ordnung (Vergl.: Marton 1981 S. 180) über ihr persönliches Verstehen gewinnen. Dazu wird die vierte Forschungsfrage in drei Teilfragen differenziert:

4.1 Erleben auch die Schülerinnen den Unterricht als „vertieft"?
4.2 Tritt „Verstehen" in den Vordergrund?
4.3 Was bedeutet „Verstehen" dabei für die Betroffenen?

***Erhebungsmaterialien zur vierten Forschungsfrage***
Die hierzu verwendeten Materialien sind in folgender Tabelle aufgeführt:

| **Forschungsfrage** | *Material* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Videofilme der Metagespräche | Fragebogen | Einzelinterviews | Unterrichtstagebuch |
| **4. Forschungsfrage: Inwieweit lässt sich das *vertiefte Verstehen* auf die Wagenscheindidaktik zurückführen?** | | | | |
| 4.1 Erleben auch die Schülerinnen den Unterricht als *vertieft*? | X | X | X | |
| 4.2 Tritt *Verstehen* in den Vordergrund? | X | X | X | |
| 4.3 Was bedeutet *Verstehen* dabei für die Betroffenen? | X | X | X | |

***Durchführung der Untersuchung***
Zunächst werden die Ergebnisse klinischen Einzelinterviews, der Metagespräche und der Fragebögen detailliert dargestellt.
Die Antworten, die die elf Schülerinnen während der Interviews gegeben haben, wurden ich jede Schülerin mit Hilfe von Leitfragen, die sich an den Teilfragen der vierten Forschungsfrage orientieren, folgendermaßen zusammengefasst:

| | Leitfrage | Reflexion |
|---|---|---|
| | Wie fandest du es, dass der Lehrer nicht gesagt hat, „wie es ist"? | |
| | Wie oft sollte eine solche Art des Unterrichts (noch) stattfinden? | |
| **4.1** | Erlebt die Schülerin/der Schüler den Unterricht als „vertieft"?<br>Mit welchen Eigenschaftswörtern wird die Unterrichtssituation im Stuhlkreis beschrieben? | **Eigenschaftswörter:** |
| **4.2** | Tritt „Verstehen" dabei in den Vordergrund? | |
| **4.3** | Was bedeutet „Verstehen" dabei für die/den Betroffene/n? | |

In einem zweiten Schritt wurden die Aussagen der Schülerinnen während der Metagespräche anhand der Leitfragen klassenweise dargestellt:

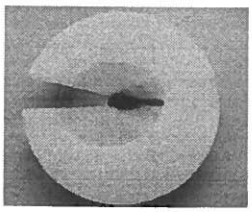
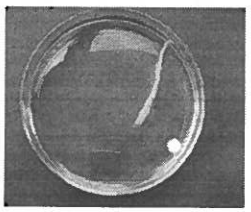
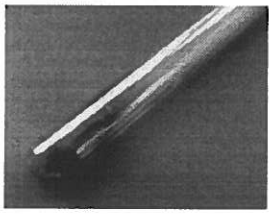
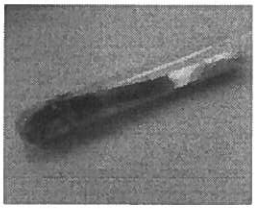
**Fragen zur Auswertung**

8. Hast du dich in den Gesprächsrunden wohl gefühlt? Woran lag das?
9. Wie fandest du die Gesprächsrunden im Stuhlkreis?
10. Waren die Gespräche für Dich ergiebig?
11. **Was** haben sie gebracht?
12. Waren die Gespräche hilfreich für das Verstehen?
13. Wie fandest du es, dass der Lehrer nicht gesagt hat „wie es ist"?
14. Sollte diese Form des Unterrichts noch mal stattfinden?
    - Ja, immer.
    - Ja, aber nur ab und zu.
    - Nein, lieber nicht.

    Begründe deine Antwort.

In einem dritten Schritt werden die Antworten des für diesen Teil der Untersuchung relevanten Teile des Fragebogens (Fragen 8 bis 10) ebenfalls klassenweise dargestellt:

## Klasse 8a
## Angaben zum Vertieften Verstehen aus dem Fragebogen (Fragen 8-10)

| Versuch 1 Chromatographie | | Versuch 2 „Golddünen“ | | Versuch 3 Pyrolyse von Zellulosewatte | | Versuch 4 Kupfer und Schwefel | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nr.8.** Verstehst Du, was bei den einzelnen Versuchen „eigentlich“ passierte? | | | | | | | |
| | Anzahl Nennungen | | Anzahl Nennungen | | Anzahl Nennungen | | Anzahl Nennungen |
| Ja | | Ja | | Ja | | Ja | |
| Nein | | Nein | | Nein | | Nein | |
| Im großen Ganzen schon | | Im großen Ganzen schon | | Im großen Ganzen schon | | Im großen Ganzen schon | |
| Ja, so ungefähr | | Ja, so ungefähr | | Ja, so ungefähr | | Ja, so ungefähr | |
| keine Angaben | | keine Angaben | | keine Angaben | | keine Angaben | |
| | | | | | | | |
| Trotzdem bleiben noch Rätsel? | | Trotzdem bleiben noch Rätsel? | | Trotzdem bleiben noch Rätsel? | | Trotzdem bleiben noch Rätsel? | |
| **Ja** | | **Ja** | | **Ja** | | **Ja** | |
| **Nein** | | **Nein** | | **Nein** | | **Nein** | |
| **keine Angaben** | | **keine Angaben** | | **keine Angaben** | | **keine Angaben** | |

**Nr. 9** Woran merkst Du, ob Du etwas **wirklich** verstanden hast?

| | Anzahl Nennungen |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

**Nr. 10** Fandest Du bei einem oder mehreren Versuchen etwas „schön“ oder „cool“?

| | | Anzahl Nennungen |
|---|---|---|
| | Ja | |
| | Nein | |
| | Keine Angaben | |
| Nur, wenn Du **„JA“** angekreuzt hast: Bei welchem Versuch und was? | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Auf der Basis dieser Ergebnisse können nun die drei Teilfragen der vierten Forschungsfrage den entsprechenden Kategorien zugeordnet werden, das heißt:

***Zuordnungen der Teilfragen zu den Kategorien***

*Forschungsfrage 4.1 Erleben auch die Schülerinnen den Unterricht als „vertieft“?*
Die Aussagen, die die Schülerinnen in Interview, Metagespräch und Fragebogen zur Beantwortung dieser Frage tätigen, werden in Beziehung zu den im ersten Teil der Arbeit dargestellten Räumen der Wagenscheindidaktik gesetzt. Dabei werden im Zuge einer Datentriangulation die Antworten beider Klassen getrennt betrachtet.

*Forschungsfrage 4.2 Tritt „Verstehen“ in den Vordergrund?*
Bei den Aussagen, die die Schülerinnen in Interview, Metagespräch und Fragebogen zur Beantwortung dieser Frage tätigen, werden ebenfalls die Antworten beider Klassen getrennt voneinander betrachtet.

*Forschungsfrage 4.3 Was bedeutet „Verstehen“ dabei für die Betroffenen?*
Die Aussagen, die die Schülerinnen in Interview, Metagespräch und Fragebogen zur Beantwortung dieser Frage tätigen, werden in Beziehung zu den im ersten Teil der Arbeit dargestellten Wagenscheinschen/Helmstadschen Rangstufen des Verstehens gesetzt Dabei werden im Zuge einer Datentriangulation die Antworten beider Klassen getrennt betrachtet.

*Überprüfung der Interkoderreliabilität*
Um die Ergebnisse abzusichern, werden die Zuordnungen der Schüleräußerungen zu den Räumen der Wagenscheindidaktik in Teilfrage 4.1 sowie die Zuordnungen der Schüleräußerungen zu den Rangstufen des Verstehens in Teilfrage 4.3 in einem weiteren Durchlauf noch durch eine weitere Kodiererin vorgenommen. Die Kodierungen werden

polytom[157] eingeschätzt und der ***Cohens-Kappa-Koeffizient***, der die Differenz zwischen beobachteter Übereinstimmung und erwarteter Übereinstimmung relativiert an der maximal möglichen überzufälligen Übereinstimmung angibt (Vergl.: Nitz 2006), berechnet.
Die Zuordnungen der Aussagen in den Interviews sowie die Zuordnungen der Aussagen in den Metagesprächen zu den einzelnen Räumen der Wagenscheindidaktik werden für beide Klassen getrennt voneinander betrachtet. Für jede Klasse wird der Cohens-Kappa-Koeffizient einzeln berechnet, die Berechnung erfolgt nach der von Nitz verwendeten Formel (Vergl.: Nitz 2006):

*Zuordnungen aus den Einzelinterviews der Klasse 8a*

| Beurteilerin B (Prof. Dr. Ch. Benz) | | Beurteiler A (Autor) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Kategorie 1 (genetisch) | Kategorie 2 (sokratisch) | Kategorie 3 (exemplarisch) | Kategorie 4 (Aufmerksamkeit) | Kategorie 5 (Verdichtung) | Kategorie 6 (Initiation) | Kategorie 7 (Einwurzelung) | **Summe** |
| | Kategorie 1 (genetisch) | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 |
| | Kategorie 2 (sokratisch) | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| | Kategorie 3 (exemplarisch) | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | Kategorie 4 (Aufmerksamkeit) | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| | Kategorie 5 (Verdichtung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| | Kategorie 6 (Initiation) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| | Kategorie 7 (Einwurzelung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| | **Summe** | 6 | 4 | 3 | 6 | 5 | 3 | 3 | N= 30 |

$$P_0 = \frac{6+4+3+6+5+2+3}{30} = \frac{29}{30} = 0{,}9\overline{6}$$

$$P_e = \frac{7*6+4*4+3*3+6*6+5*5+2*3+3*3}{30^2} = \frac{143}{900} \approx 0{,}16$$

Damit ergibt sich für Kappa folgender Wert:

$$\kappa = \frac{p_0 - p_e}{1 - p_e} = \frac{727}{757} \approx 0{,}96$$

Nach Mayring gilt ein Kappa-Wert ab 0.7 als reliabel für gute Übereinstimmungen (Mayring 2000 in Flick, Kardoff & Steinke (Hrsg.) S. 468-475. zitiert nach: Zimmermann 2011 S. 230ff.) , womit mit $\kappa \approx 0{,}96$ die Interkoderreliabilität des Kodierleitfadens gegeben ist.

[157] Die polytome Einschätzung umfasst diesem Fall sieben Kategorien für die einzelnen Räume der Wagenscheindidaktik.

*Zuordnungen aus den Einzelinterviews der Klasse 8b*

| Beurteilerin B (Prof. Dr. Ch. Benz) | | Beurteiler A (Autor) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Kategorie 1 (genetisch) | Kategorie 2 (sokratisch) | Kategorie 3 (exemplarisch) | Kategorie 4 (Aufmerksamkeit) | Kategorie 5 (Verdichtung) | Kategorie 6 (Initiation) | Kategorie 7 (Einwurzelung) | **Summe** |
| | Kategorie 1 (genetisch) | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | Kategorie 2 (sokratisch) | 1 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| | Kategorie 3 (exemplarisch) | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | Kategorie 4 (Aufmerksamkeit) | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| | Kategorie 5 (Verdichtung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 6 |
| | Kategorie 6 (Initiation) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| | Kategorie 7 (Einwurzelung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | **Summe** | 2 | 9 | 2 | 8 | 6 | 2 | 4 | N= 33 |

$$P_0 = \frac{1+9+2+7+6+2+4}{33} = \frac{31}{33} = 0,\overline{93}$$

$$P_e = \frac{1*2+11*9+2*2+7*8+6*6+2*2+4*4}{33^2} = \frac{217}{1089} \approx 0,20$$

Damit ergibt sich für Kappa folgender Wert:

$$\kappa = \frac{p_0 - p_e}{1 - p_e} = \frac{403}{436} \approx 0,92$$

Mit $\kappa \approx 0,92$ ist die Interkoderreliabilität des Kodierleitfadens gegeben.

*Zuordnungen aus den Metagesprächen der Klasse 8a*

| Beurteilerin B (Prof. Dr. Ch. Benz) | | Beurteiler A (Autor) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Kategorie 1 (genetisch) | Kategorie 2 (sokratisch) | Kategorie 3 (exemplarisch) | Kategorie 4 (Aufmerksamkeit) | Kategorie 5 (Verdichtung) | Kategorie 6 (Initiation) | Kategorie 7 (Einwurzelung) | **Summe** |
| | Kategorie 1 (genetisch) | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | Kategorie 2 (sokratisch) | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| | Kategorie 3 (exemplarisch) | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | Kategorie 4 (Aufmerksamkeit) | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | Kategorie 5 (Verdichtung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | Kategorie 6 (Initiation) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Kategorie 7 (Einwurzelung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | **Summe** | 1 | 8 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | N= 15 |

$$P_0 = \frac{1+7+2+1+2+0+1}{15} = \frac{14}{15} = 0{,}9\overline{3}$$

$$P_e = \frac{1*1+7*8+2*2+2*1+2*2+0*0+1}{15^2} = \frac{68}{225} \approx 0{,}30$$

Damit ergibt sich für Kappa folgender Wert:

$$\kappa = \frac{p_0 - p_e}{1 - p_e} = \frac{142}{157} \approx 0{,}90$$

Mit $\kappa \approx 0{,}90$ ist die Interkoderreliabilität des Kodierleitfadens gegeben.

*Zuordnungen aus den Metagesprächen der Klasse 8b*

| | | Beurteiler A (Autor) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Kategorie 1 (genetisch) | Kategorie 2 (sokratisch) | Kategorie 3 (exemplarisch) | Kategorie 4 (Aufmerksamkeit) | Kategorie 5 (Verdichtung) | Kategorie 6 (Initiation) | Kategorie 7 (Einwurzelung) | **Summe** |
| Beurteilerin B (Prof. Dr. Ch. Benz) | Kategorie 1 (genetisch) | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | Kategorie 2 (sokratisch) | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 |
| | Kategorie 3 (exemplarisch) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Kategorie 4 (Aufmerksamkeit) | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| | Kategorie 5 (Verdichtung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | Kategorie 6 (Initiation) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Kategorie 7 (Einwurzelung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | **Summe** | 2 | 5 | 0 | 4 | 1 | 0 | 3 | N= 15 |

$$P_0 = \frac{1+5+0+4+1+0+2}{15} = \frac{13}{15} = 0{,}8\overline{6}$$

$$P_e = \frac{1*2+7*5+0*0+4*4+1*1+0*0+2*3}{15^2} = \frac{4}{15} = 0{,}2\overline{6}$$

Damit ergibt sich für Kappa folgender Wert:

$$\kappa = \frac{p_0 - p_e}{1 - p_e} = \frac{9}{11} = 0{,}\overline{81}$$

Mit $\kappa = 0,\overline{81}$ ist die Interkoderreliabilität des Kodierleitfadens gegeben.

Auf diese Weise erhält man für jede der drei Teilfragen etwas, das von der Struktur her dem Martonschen Outcome Space (Ergebnisraum) (Vergl.: Marton 1981, S. 195) gleicht, jedoch befindet sich dieser auf der Metaebene.
Dieser Meta-Ergebnisraum stellt den wesentlichen Ertrag zur Beantwortung der ***vierten Forschungsfrage*** dar.

### 3.4 Durchführung der Untersuchung bei der 5. Forschungsfrage

Inwieweit fand eine Weiterentwicklung im persönlichen Professionalisierungsprozess statt? Sie soll unter anderem den Zielen dienen, die Altrichter und Posch so formulieren: *„der individuellen Fortbildung (...), der Verbesserung der erforschten Praxis (...), der Weiterentwicklung des kollektiven Wissens der jeweiligen Profession"* (Altrichter & Posch 1998 S.330). Sie fordern zur Qualitätssicherung der Forschung ein iteratives Verfahren (Altrichter & Posch 1998 S. 334). Hierzu ist ein Teil der Unterrichtssequenz – die Doppelstunde mit dem Golddünenversuch – ein Schuljahr später (also im Schuljahr 2006/2007) in einer reflektierten und verdichteten Form in einer anderen achten Klasse wiederholt worden.

***Erhebungsmaterialien zur fünften Forschungsfrage***

Die hierzu verwendeten Materialien sind in folgender Tabelle aufgeführt:

| Forschungsfrage | Material | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Videofilme | Fragebogen | Einzelinterviews | Unterrichtstagebuch |
| 5. Inwieweit fand eine Weiterentwicklung im persönlichen Professionalisierungsprozess statt? | | | | |
| 5.1 In welcher Weise hat sich der Unterricht bei der Iteration geändert? | X | | | X |
| 5.2 Inwieweit genügen die Änderungen den Kriterien eines Professionalisierungsprozesses? | X | | | X |

Bei der Beantwortung dieser Frage ist es notwendig, zwei Perspektiven einzunehmen: Die erste richtet sich auf den Unterricht. Damit ergibt sich die erste Teilfrage:

***Forschungsfrage 5.1.: In welcher Weise hat sich der Unterricht bei der Iteration geändert?***

Diese zerfällt wiederum in zwei Teile:

5.1.1. Die konzeptionelle Änderung der Unterrichtssequenz im Vorfeld: Bei der Entwicklung der Wiederholungssequenz werden die Ergebnisse der Untersuchungen und Reflexionen aus den gehaltenen Unterrichtsstunden zugrundegelegt. Dazu werden die aus den Transkripten und dem Unterrichtstagebuch gewonnenen Schüler – und Lehreräußerungen und –reflexionen analysiert.

5.1.2. Die Untersuchung der durchgeführten Iterationssequenz anhand

- des Transkriptes, das heißt: der Zuordnung der Schüler- und Lehreräußerungen zu den im Rahmen der ersten Forschungsfrage gewonnenen Kategorien, sowie der Analyse des Phasendiagramms
- des im Rahmen der zweiten Forschungsfrage empirisch gefundenen Ergebnisraumes, das heißt die Verortung der Schüleräußerungen auf der kollektiven Landkarte der Verstehensmuster,
- der Schülerreflexionen über den Unterricht im Fragebogen.

In der zweiten Teilfrage wird der Blick vom videographierten Unterricht auf den selbst erlebten Professionalisierungsprozess gewendet. Die Reflexion des Iterationsprozesses stellt nicht nur in einem persönlichen Sinn einen Ertrag der Arbeit dar, sondern soll vor allem Erfahrungen artikulieren, die in der Professionalisierungsdebatte zur Diskussion stehen.
Die zweite Teilfrage lautet also:

***Forschungsfrage 5.2. Inwieweit genügen die Änderungen den Kriterien eines Professionalisierungsprozesses?***
Hierzu werden die von Hericks vorgestellten Kriterien von Professionalisierung als Entwicklungsaufgabe, die für diese Arbeit von Belang sind, vorgestellt und die im Transkript der Stunden und im Unterrichtstagebuch gefundenen Äußerungen und Einträge einer ***qualitativen Inhaltsanalyse*** unterzogen.

***Gütekriterien - formative Reliabilitätsprüfung und Interkoderreliabilität***
Altrichter und Posch subsumieren diesen Ertrag unter den Gütekriterien von Aktionsforschung als *„Weiterentwicklung des professionellen Wissens der Lehrerschaft"* sowie *„Weiterentwicklung der erziehungswissenschaftlichen Forschung"* (Altrichter & Posch 1998, S.103).
Hierbei gelten dieselben für eine ***qualitative Inhaltsanalyse*** erforderlichen Gütekriterien, wie sie für die erste Forschungsfrage vorgestellt wurden.

An die Stelle des Phasendiagramms und der Zuordnung zu den allgemeinen Gesprächsanalysekriterien treten nach Überarbeitung die folgenden weiterentwickelten Kategorien der Lehreräußerungen:

- Greife ich die Argumente der Schülerinnen auf und versuche, sie mit den Beiträgen anderer Schülerinnen in Beziehung zu setzen → ***Ermögliche ich eine Verdichtung?*** **LVerd**
- Gebe ich Fragen an die Klasse zurück → ***Bin ich sokratischer Moderator des Gesprächs?*** **LM**
- Frage ich nach, um herauszufinden, ob ich die entsprechende Schülerin wirklich verstanden habe und um den anderen Schülerinnen die Gelegenheit zu geben, den Gedanken nachzuvollziehen → ***Ermögliche ich ein Verstehen$_3$ ?*** **LErmVerst3**
- Frage ich nach, um der Schülerin die Möglichkeit zu geben, ihren eigenen Gedanken nachzuvollziehen → ***Ermögliche ich ein Verstehen$_2$ ?*** **LErmVerst2**
- Finde ich die Balance zwischen inhaltlichem Nachfragen zur Klärung des Sachverhalts, auch um inhaltlich herauszufordern und dem sokratischen Gebot, nichts Inhaltliches vorzugeben? **LBal**
- Kann ich Gesprächsfäden aufgreifen und bündeln und wirke auf diese Weise einer Zerfaserung des Gesprächs entgegen → ***Ermögliche ich ein genetisches Entfalten der Gedanken, eine Verdichtung, eine Initiation?*** **LErmGenet (Lbünd)**

Die meisten Lehreräußerungen im Verlauf des sokratischen Gesprächs lassen sich diesen Kriterien, die alle der Kategorie **LM** (Lehrer moderiert ein sokratisches Gespräch (GSE) im Gegensatz zu **LA** – Lehrer verhält sich als Aushandelnder eines Ergebnisses (FEU)) angehören, zuordnen. In diesem Sinne stellt die Weiterentwicklung der Kategorien letztlich eine Ausdifferenzierung der Kategorie **LM** dar.

Um die Ergebnisse abzusichern, werden die Zuordnungen der Lehreräußerungen zu den überarbeiteten Kategorien in einem weiteren Durchlauf noch durch eine weitere Kodiererin vorgenommen. Die Kodierungen werden polytom[158] eingeschätzt und der ***Cohens-Kappa-Koeffizient***, der die Differenz zwischen beobachteter Übereinstimmung und erwarteter Übereinstimmung relativiert an der maximal möglichen überzufälligen Übereinstimmung angibt (Vergl.: Nitz 2006), berechnet. Es wird der Cohens-Kappa-Koeffizient berechnet, die Berechnung erfolgt nach der von Nitz verwendeten Formel (Vergl.: Nitz 2006):

*Zuordnungen der Lehreräußerungen zu den überarbeiteten Kategorien:*

| Beurteilerin B (Prof.Dr.Ch.Benz) | Beurteiler A (Autor) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kategorie 1 (LVerd) | Kategorie 2 (LM) | Kategorie 3 (LErmVerst3) | Kategorie 4 (LermVerst2) | Kategorie 5 (LBal) | Kategorie 6 (LermGenet (Lbünd)) | **Summe** |
| Kategorie 1 (LVerd) | 12 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| Kategorie 2 (LM) | 1 | 34 | 1 | 1 | 0 | 1 | 38 |
| Kategorie 3 (LErmVerst3) | 0 | 0 | 16 | 0 | 1 | 0 | 17 |
| Kategorie 4 (LermVerst2) | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 |
| Kategorie 5 (LBal) | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 17 |
| Kategorie 6 (LermGenet (Lbünd)) | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 16 | 19 |
| **Summe** | 14 | 39 | 17 | 9 | 19 | 17 | N=115 |

$$P_0 = \frac{12+34+16+8+17+16}{115} = \frac{103}{115} \approx 0{,}90$$

$$P_e = \frac{16*14+38*39+17*17+8*9+17*19+19*17}{115^2} = \frac{2713}{13225} \approx 0{,}21$$

Damit ergibt sich für Kappa folgender Wert:

$$\kappa = \frac{p_0 - p_e}{1 - p_e} = \frac{761}{876} \approx 0{,}87$$

Mit $\kappa \approx 0{,}87$ ist die Interkoderreliabilität des Kodierleitfadens gegeben.

[158] Die polytome Einschätzung umfasst diesem Fall die sechs weiterentwickelten Kategorien für die einzelnen Lehreräußerungen.