

Wissenschaftliche Hausarbeit
im Rahmen der Ersten Staatsprüfung
für das Lehramt an Gymnasien im Fach Physik
eingereicht dem Amt für Lehrerbildung
– Prüfungsstelle Gießen –

Thema:

Naturwissenschaftliches Arbeiten –
Unterrichtsvorschläge zur Förderung der Teilkompetenz
„Experimente planen“

Verfasser:

Johannes Anselm Simon Hinckel
Schützenstraße 11
35578 Wetzlar

Gutachterin:

Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	4
2 Das Experiment in der Schule	5
2.1 Die Rolle des Experiments in der Forschung und in der Schule	5
2.2 Experimente im Schulalltag.....	7
2.3 Schülerfehlvorstellungen zum Planen von Experimenten.....	10
3 Variablenkontrolle.....	13
3.1 Isolierende Variablenkontrolle	13
3.2 Lernziele zum Prozess der Variablenkontrolle.....	15
4 Entwicklung von Aufgabenserien zur Variablenkontrolle.....	17
4.1 Merkmale von Aufgabenserien.....	17
4.2 Auswahl geeigneter Experimente	18
4.3 Kontinuität von Variablen in unterschiedlichen Experimenten.....	25
4.4 Grundsätzliche Überlegungen zum Aufbau von Aufgabenserien	26
4.5 Praktische Umsetzung in drei Aufgabenserien.....	29
4.5.1 Variablenkontrolle in der Mechanik.....	33
4.5.2 Variablenkontrolle im chemischen Anfangsunterricht.....	37
4.5.3 Variablenkontrolle anhand der Stoffgruppe der Salze.....	41
5 Fragestellungen der Arbeit	44
6 Erprobung der Aufgabenserien	46
6.1 Beschreibung der Testgruppe und Vorbereitung der Erprobung.....	46
6.2 Entwicklung des Pre- und Posttests.....	48

7 Auswertung und Konsequenzen der Erprobung.....	50
7.1 Quantitative Auswertung der Pre- und Posttests	50
7.2 Qualitative Auswertung der bearbeiteten Serien	57
7.3 Beobachtungen während der Erprobung	59
8 Fazit und Ausblick.....	64
9 Literaturverzeichnis	66

Anhang

Anhang A1

Aufgabenserie: Variablenkontrolle in der Mechanik

Anhang A2

Aufgabenserie: Variablenkontrolle im chemischen Anfangsunterricht

Anhang A3

Aufgabenserie: Variablenkontrolle anhand der Stoffgruppe der Salze

Anhang A4

Pretest für die Erprobung

Anhang A5

Posttest für die Erprobung

Erklärung

1 Einleitung

Im Schulalltag steht in erster Linie die Vermittlung von naturwissenschaftlichem Fachwissen im Vordergrund. Die typischen Vorgehensweisen, die zur Entwicklung dieses Fachwissens führten und auch heute noch führen, werden hingegen häufig nur am Rande thematisiert. Daher wissen Schülerinnen und Schüler nur wenig über das naturwissenschaftliche Arbeiten. Dies trifft vor allem auf eine zentrale Methode des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses zu: das Experiment.

Viele Schülerinnen und Schüler haben falsche Vorstellungen im Bezug auf das Experimentieren und sind nicht in der Lage, Experimente so zu planen und durchzuführen, dass die erhaltenen Ergebnisse zu richtigen Schlussfolgerungen führen. Um diese Defizite auszugleichen, wurden im Rahmen dieser Arbeit drei Aufgabenserien entwickelt, anhand derer Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I das Planen und Durchführen aussagekräftiger Experimente erlernen. Die grundlegende Strategie, die ihnen dazu vermittelt wird, ist die der so genannten isolierenden Variablenkontrolle. Die naturwissenschaftlichen Themen, anhand derer dies geschieht, stammen aus der Physik und der Chemie.

In Kapitel 2 dieser Arbeit werden zunächst theoretische Grundlagen bezüglich des Experiments in der Schule erläutert. Anschließend wird in Kapitel 3 auf den Prozess der isolierenden Variablenkontrolle eingegangen. Kapitel 4 stellt den Entwicklungsprozess der drei Aufgabenserien dar. Das dabei entstandene Material befindet sich im Anhang. Kapitel 5 stellt die Fragestellungen dieser Arbeit vor. Die entwickelten Aufgabenserien wurden einem Praxistest unterzogen. Dieser wird in Kapitel 6 beschrieben und in Kapitel 7 ausgewertet. Anschließend folgen in Kapitel 8 die Schlussfolgerungen und Verbesserungsvorschläge, die sich aus den Ergebnissen ergaben, bevor die Arbeit mit einem allgemeinen Fazit abschließt.

2 Das Experiment in der Schule

Im deutschen Schulwesen rückten in den letzten Jahren im Zuge der Hinwendung zu einer Outputorientierung bisher nebensächlich behandelte Kompetenzen in den Vordergrund. Neben den fachlichen Inhalten, die aufgrund der bisherigen Inputorientierung im Fokus standen, wurden durch die Einführung der Bildungsstandards weitere Kompetenzen als wichtig eingestuft. In den naturwissenschaftlichen Fächern gehören dazu neben Kompetenzen im Bereich der Kommunikation und der Bewertung auch die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung.¹

Ein ganz zentrales Element der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ist das Experiment, welches im Mittelpunkt dieser Arbeit steht. Im Folgenden wird zunächst die Rolle des Experiments in der Schule mit der in der naturwissenschaftlichen Forschung verglichen. Im Anschluss wird die Bedeutung der im Jahr 2005 eingeführten Bildungsstandards für das schulische Experimentieren diskutiert, bevor auf die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern bezüglich des Experimentierens eingegangen wird.

2.1 Die Rolle des Experiments in der Forschung und in der Schule

Experimente nehmen in den Naturwissenschaften eine Schlüsselposition ein. Erst das Experiment ermöglicht die Prüfung einer Theorie und lässt den Menschen seine Umwelt besser verstehen. Viele Erkenntnisse und Errungenschaften der Menschheit sind aus Experimenten hervorgegangen. Aber Experimente ermöglichen mehr als nur den bloßen Kenntnisaufbau. Im Unterricht fördern sie Beobachtungs- und Denkfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, trainieren als Schülerexperimente ihre manuellen und sozialen Fähigkeiten und erhöhen nicht zuletzt das Interesse an den naturwissenschaftlichen Fächern.²

In der Vergangenheit wurde im Bezug auf den schulischen Unterricht immer davon ausgegangen, dass die so genannte „experimentelle Methode“ der

¹ Vgl. KMK: Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss, S. 6.

² Vgl. E. Rossa: Chemie-Didaktik, S. 12.

einzigste Weg sei, Experimente in den Unterricht einzubetten. In Anlehnung an das vermeintliche Vorgehen der Wissenschaft dienten Experimente im Unterricht stets zur Überprüfung von einzelnen Hypothesen, die sich aus meist von der Lehrkraft vorgegebenen Problemstellungen ergaben. Im Falle einer Verifizierung wurden diese dann ohne weitere Überprüfungen auf viele ähnliche Fälle übertragen und verallgemeinert.³ Auf diese Weise sollten die Schülerinnen und Schüler neben der Aneignung von neuen Fachinhalten auch lernen, wie Wissenschaft außerhalb der schulischen Realität funktioniert.

Neuere fachdidaktische Betrachtungen widersprechen allerdings der Annahme einer einheitlichen, allgemein gültigen Vorgehensweise der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.⁴ So lassen sich in der Vergangenheit bei genauerem Hinschauen in der Forschung auch Fälle naturwissenschaftlichen Experimentierens finden, die nicht der Überprüfung von Theorien dienten.⁵ Dies war und ist auch heute noch vor allem der Fall, wenn im untersuchten Bereich keine oder nur unzureichende Theorien existieren, auf die sich die Wissenschaftler stützen können. Es wird dann explorativ vorgegangen, indem im Experiment verschiedene Parameter systematisch variiert und aus den gewonnenen Beobachtungen empirische Regeln abgeleitet werden. Diese münden dann im weiteren Verlauf in allgemein anerkannte Gesetzmäßigkeiten oder werden wieder verworfen. Im Gegensatz zum hypothesenbasierten Vorgehen erkennt man exploratives Vorgehen daran, „dass sich Handeln und Konzeptualisieren zusammen entwickeln, sich in engem Kontakt gegenseitig stabilisieren oder destabilisieren.“⁶ Das Konzept entsteht also erst während des Experimentierprozesses und ist nicht, wie beim hypothesenbasierten Vorgehen, die Grundlage für das Experiment.

Es existiert also keineswegs immer eine Theorie oder Hypothese, die anhand eines Experiments überprüft werden soll. Auch die Verallgemeinerung von einem einzelnen Fall auf viele, wie sie im Unterricht oft praktiziert wird⁷, ist in der Wissenschaft nicht üblich. Im Gegenteil, oft werden im Forschungsprozess viele verschiedene Parameter überprüft, bis das im Nachhinein trivial

³ Vgl. C. v. Aufschnaiter: Mithilfe von Experimenten lernen – (wie) geht das?, S. 6.

⁴ Vgl. R. Duit: Naturwissenschaftliches Arbeiten, S. 6.

⁵ Siehe F. Steinle: Exploratives Experimentieren, S. 50-51.

⁶ Aus F. Steinle: Exploratives Experimentieren, S. 50.

⁷ Vgl. R. Duit et al.: Naturwissenschaftliches Arbeiten – Unterricht und Material 5-10, S. 53.

erscheinende Ergebnis gefunden wird.⁸ Diese Aspekte gehen jedoch bei einer einseitigen unterrichtlichen Sichtweise auf das Verfahren des Experimentierens im Sinne eines hypothesenüberprüfenden Vorgehens verloren. So wird im Unterricht den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit verwehrt, verschiedene Wege der Erkenntnisgewinnung zu beschreiten und sich ausführlicher mit einzelnen Phänomenen zu befassen. Ein weiterer Nachteil, der sich aus einer einseitigen Darstellung des Experimentierens im Unterricht ergibt, ist, dass sich bei den Schülerinnen und Schülern Fehlvorstellungen bezüglich des Experimentierens einstellen können.

Im folgenden Kapitel wird dargestellt, wie die im Jahr 2005 eingeführten Bildungsstandards die eben beschriebene Rolle des Experiments im Schulalltag verändern sollen.

2.2 Experimente im Schulalltag

Seit 2005⁹ gelten in Deutschland einheitliche, verbindliche Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen¹⁰ Fächern. Diese sind in vier Kompetenzbereiche eingeteilt: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Das Planen von Experimenten ist dem Bereich der Erkenntnisgewinnung zuzuordnen, der sich im Fach Physik in zehn Standards unterteilt, die im Folgenden in Abbildung 1 auf Seite 8 dargestellt sind.

⁸ Vgl. C. v. Aufschnaiter: Mithilfe von Experimenten lernen – (wie) geht das?, S. 5.

⁹ Vgl. KMK: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss, S. 3.

¹⁰ Im Folgenden werden unter den Naturwissenschaften immer die Fächer Biologie, Chemie und Physik verstanden.

3.2 Standards für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen

Die Schülerinnen und Schüler . . .

- E 1 beschreiben Phänomene und führen sie auf bekannte physikalische Zusammenhänge zurück,
- E 2 wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen aus, prüfen sie auf Relevanz und ordnen sie,
- E 3 verwenden Analogien und Modellvorstellungen zur Wissensgenerierung,
- E 4 wenden einfache Formen der Mathematisierung an,
- E 5 nehmen einfache Idealisierungen vor,
- E 6 stellen an einfachen Beispielen Hypothesen auf,
- E 7 führen einfache Experimente nach Anleitung durch und werten sie aus,
- E 8 planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse,
- E 9 werten gewonnene Daten aus, ggf. auch durch einfache Mathematisierungen,
- E 10 beurteilen die Gültigkeit empirischer Ergebnisse und deren Verallgemeinerung.

Abb. 1: Standards für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung im Fach Physik.¹¹

Von diesen zehn Standards beziehen sich die letzten vier (E7 bis E10) auf das Experimentieren (der Standard E8 nennt das Planen einfacher Experimente sogar explizit) und sind daher bei der Erstellung von Unterrichtsmaterial zum Planen von Experimenten besonders zu berücksichtigen. Ähnliche Standards für die Erkenntnisgewinnung gibt es auch in den Fächern Chemie¹² (E2, E3, E5) und Biologie¹³ (E5 bis E8).

Experimente dienen im Gegensatz zu den Forderungen der Bildungsstandards in der Schulpraxis aber häufig nur zur Stoffvermittlung – naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen werden nur sehr selten gelehrt.¹⁴ Vielmehr wird wohl davon ausgegangen, dass die Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliches Arbeiten „en passant“ lernen – explizit vermittelt wird es nur sehr selten.¹⁵ Dieses Mitlernen im normalen Unterricht findet aber laut Höttecke¹⁶ gar nicht statt, „die Lerner werden neue Informationen eher in ihre bestehenden Vorstellung integrieren, als letztere zu ändern“¹⁷, da sie ihr

¹¹ Aus KMK: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss, S. 11.

¹² Siehe KMK: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss, S. 12.

¹³ Siehe KMK: Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss, S. 14.

¹⁴ Vgl. R. Duit: Wie Physikunterricht in der Praxis aussieht, S. 12

¹⁵ Vgl. R. Duit et al.: „Erkenntnisgewinnung“ in den Bildungsstandards Physik, S. 12.

¹⁶ Siehe D. Höttecke: Was ist Naturwissenschaft?, S. 8.

¹⁷ Aus D. Höttecke: Was ist Naturwissenschaft?, S. 8.

eigenes Handeln im Unterricht nicht auf das Handeln von Forschern in der Wissenschaft beziehen.

Ein zentrales Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts sollte es jedoch neben der Vermittlung fachlicher Inhalte immer auch sein, den Schülerinnen und Schülern Wissen über typisch naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu vermitteln.¹⁸ Daher fordern die Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz, dass Schülerinnen und Schüler mit dem Erwerb des Mittleren Bildungsabschlusses neben dem erworbenen Fachwissen auch Kompetenzen bezüglich der Handlungsdimension, also im Bereich der Erkenntnisgewinnung, der Kommunikation und der Bewertung, erworben haben.¹⁹ Zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess und seinen Arbeitsmethoden gehört neben dem Beobachten, Systematisieren und Modellieren ganz zentral auch das Experimentieren²⁰, welches hier im Vordergrund steht.

Damit, wie gefordert, Experimente den Schülerinnen und Schüler nicht ausschließlich Fachwissen vermitteln, ist es sinnvoll, den Blick ganz explizit auf das Vermitteln von typisch naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zu lenken und dazu Unterrichtsmaterial zu entwickeln. Damit dieses möglichst wirkungsvoll ist, ist Folgendes zu beachten:

Es ist für Schülerinnen und Schüler schwierig, gleichzeitig neue fachliche Inhalte und naturwissenschaftliches Vorgehen zu erlernen.²¹ Auch der Transfer von an einem Beispiel erlernten Methoden auf ein anderes, neues Gebiet ist für die Lernenden nicht trivial.²² Daher ist das naturwissenschaftliche Arbeiten nach Möglichkeit anhand einfacher, bereits bekannter fachlicher Inhalte zu erlernen²³ und kann dann „systematisch geübt werden“²⁴. So beeinträchtigen keine fachlichen Verständnisprobleme den Lernerfolg.

Naturwissenschaftliche Didaktiken unterscheiden in diesem Zusammenhang zwischen Konzepten und Prozessen.²⁵ Erstere entsprechen den fachlichen Inhalten, sind also z.B. Gesetze oder Modelle, letztere den typischen Denk-

¹⁸ Vgl. KMK: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss, S. 6-7.

¹⁹ Vgl. KMK: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss, S. 11.

²⁰ Vgl. R. Duit et al.: „Erkenntnisgewinnung“ in den Bildungsstandards Physik, S. 12.

²¹ Vgl. C. v. Aufschnaiter, T. Riemeier: Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 8.

²² Vgl. R. Duit: Naturwissenschaftliches Arbeiten, S. 4.

²³ Vgl. C. v. Aufschnaiter, T. Riemeier: Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 8.

²⁴ Aus R. Duit: Naturwissenschaftliches Arbeiten, S. 4.

²⁵ Siehe R. Duit: Naturwissenschaftliches Arbeiten, S. 5.

und Arbeitsweisen. Duit stellt fest, dass Konzepte und Prozesse niemals gleichgestellt werden können, „denn Prozesse können nur an bestimmten Inhalten eingeübt werden.“²⁶ So kann man beispielsweise ein Experiment immer nur anhand eines naturwissenschaftlichen Untersuchungsgegenstandes durchführen. Experimentieren ohne fachlichen Inhalt ist unmöglich²⁷, es wird bewusst oder unbewusst immer eine fachliche Fragestellung untersucht. Somit erübrigt sich auch die Frage, ob man naturwissenschaftliches Arbeiten völlig isoliert von fachlichen Inhalten lehren kann, um sicher zu stellen, dass sich die Schülerinnen und Schüler ganz auf die Vorgehensweise konzentrieren können und nicht von fachlichen Inhalten abgelenkt werden.

Welche Probleme beim Lernen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen bei den Schülerinnen und Schülern bestehen und welchen Fehlvorstellungen im Bezug auf das Experimentieren begegnet werden muss, wird im folgenden Kapitel erläutert.

2.3 Schülerfehlvorstellungen zum Planen von Experimenten

Werden im Unterricht Experimente immer nur zur Verifizierung von Hypothesen oder zur gezielten Darstellung von Effekten genutzt, kann es vorkommen, dass die Schülerinnen und Schüler davon ausgehen, dass es beim Experimentieren nur darum geht, bestimmte Effekte zu erzeugen.²⁸ Dass ein Experiment auch zur Falsifizierung von Hypothesen eingesetzt werden kann und ein positiver Befund nur dann mit einer definierten Ausgangslage korreliert, wenn der Einfluss weiterer Faktoren durch einen Kontrollansatz ausgeschlossen wurde, erschließt sich vielen Schülerinnen und Schülern bei der üblichen Vorgehensweise nicht.²⁹

Diesen Problemen kann entgegen gewirkt werden, wenn die Schülerinnen und Schüler in ausführlichen Experimentiererserien Erfahrungen sammeln. Dies gilt sowohl für Serien, die fachliche Inhalte vermitteln, als auch für Serien, die andere Kompetenzen, wie eben beispielsweise Aspekte der Erkenntnis-

²⁶ Aus R. Duit: Naturwissenschaftliches Arbeiten, S. 5.

²⁷ Vgl. R. Duit et al.: „Erkenntnisgewinnung“ in den Bildungsstandards Physik, S. 14.

²⁸ Siehe M. Hammann et al.: Fehlerfrei Experimentieren, S. 292.

²⁹ Siehe M. Hammann et al.: Fehlerfrei Experimentieren, S. 292.

gewinnung, trainieren. Es erscheint nahe liegend, dass gerade Experimentier-serien gut dafür geeignet sind, Schülerinnen und Schülern ein authentischeres Bild naturwissenschaftlichen Vorgehens zu vermitteln.³⁰ Zudem fällt es Schülerinnen und Schülern einfacher, allgemeingültige physikalische Konzepte und Modelle³¹ zu verstehen, wenn sie anstatt eines einzelnen Phänomens viele ähnliche erkunden und in deren Gemeinsamkeiten dann eine Gesetzmäßigkeit erkennen können.³² Erst bei einer wiederholten Exploration von einzelnen Phänomenen werden die zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten erlernt. Haben Schülerinnen und Schüler diese bereits nach dem Kennenlernen eines einzigen Beispiels (wie im klassisch induktiven Unterrichtsgang üblich) vermeintlich konzeptualisiert, ist eher davon auszugehen, dass sie diese nur nachsprechen können, ohne sie wirklich verstanden zu haben.³³

Auch im Bezug auf experimentelle Methoden heißt das, dass ein einzelnes Experiment nicht ausreicht, um zu verstehen, wie Naturwissenschaftler beim Experimentieren grundsätzlich vorgehen.³⁴ Die Schülerinnen und Schüler sollten besser eine ganze Serie von Experimenten, die auf ähnliche Prozesse des naturwissenschaftlichen Arbeitens abzielen, bearbeiten. So können sie sich diese Methode sicher aneignen und erfahren, dass sie allgemein anwendbar ist.³⁵

Wie bereits angesprochen, haben Schülerinnen und Schüler Defizite, wenn es darum geht, Experimente zu planen und durchzuführen. Unter anderem vergessen die Schülerinnen und Schüler das Anfertigen von Kontrollansätzen, unterscheiden nicht ausreichend zwischen Kontroll- und Testvariablen und gehen bei der Überprüfung der einzelnen Variablen nicht systematisch vor.³⁶ Dies führt dazu, dass häufig nur Experimente geplant werden, welche die Erwartungen der Schülerinnen und Schüler bestätigen, nicht aber solche, die

³⁰ Vgl. C. v. Aufschnaiter, T. Riemeier: Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 8.

³¹ Auch naturwissenschaftliches Vorgehen ist im Prinzip konzeptuell, weil es nicht an Einzelfälle gebunden ist sondern phänomenübergreifend angewendet wird.

³² Vgl. C. v. Aufschnaiter: Mithilfe von Experimenten lernen – (wie) geht das?, S. 7.

³³ Vgl. C. v. Aufschnaiter, C. Rogge: Im Physikunterricht wird zu viel erklärt!, S. 57.

³⁴ Vgl. C. v. Aufschnaiter, T. Riemeier: Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 7.

³⁵ Vgl. C. v. Aufschnaiter: Mithilfe von Experimenten lernen – (wie) geht das?, S. 7.

³⁶ Siehe M. Hammann et al.: Fehlerfrei Experimentieren, S. 292.

sie widerlegen würden. Diese Vorgehensweise wird als positives Testen bezeichnet.³⁷

Damit aber auch negative Ergebnisse ermöglicht werden, erscheint eine gut strukturierte Planung, die alle entscheidenden Variablen berücksichtigt und überprüft, notwendig. Wie dies erreicht werden kann, wird im nächsten Kapitel näher erläutert.

³⁷ Siehe M. Hammann et al.: Fehlerfrei Experimentieren, S. 292.

3 Variablenkontrolle

Ein wesentlicher Bestandteil des Experimentierens ist das Überprüfen verschiedener Faktoren auf ein bestimmtes Phänomen. Dies wird im Allgemeinen als Variablenkontrolle oder auch Faktorenkontrolle³⁸ bezeichnet. Eine Form der Variablenkontrolle ist die isolierende Variablenkontrolle, deren positive Wirkung auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern belegt ist.³⁹ Diese wird im Folgenden näher erläutert.

3.1 Isolierende Variablenkontrolle

Bei der Nutzung der isolierenden Variablenkontrolle wird untersucht, wie abhängige und unabhängige Variablen zueinander in Beziehung stehen. Abhängige Variablen sind Eigenschaften in einem Experiment, deren Veränderungen beobachtet bzw. gemessen werden. Sie hängen von den unabhängigen Variablen ab, die gezielt variiert werden, um ihren Einfluss auf die abhängigen zu untersuchen.⁴⁰ Dabei werden in einer Abfolge von Experimenten alle unabhängigen Variablen bis auf jeweils eine konstant gehalten.⁴¹ Diese wird dann als Testvariable bezeichnet und isoliert betrachtet. Ein Versuch, bei dem mehr als eine Variable variiert wird und der deshalb keine Aussage über den Einfluss der einzelnen Variablen auf die abhängige Variable zulässt, wird als konfundiert⁴² bezeichnet. Im Gegensatz dazu nennt man einen Versuch, bei dem die Variablenkontrolle richtig durchgeführt wurde, unkonfundiert. Ziel der Variablenkontrolle ist es demnach, nur unkonfundierte Experimente durchzuführen.

Im Bezug auf den Umgang mit den Kontrollvariablen in einem Experiment wird zwischen zwei unterschiedlichen Arten von isolierender Variablenkontrolle unterschieden:

³⁸ Siehe E. Rossa: Chemie-Didaktik, S. 53.

³⁹ Siehe J. Künsting et al.: Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 2.

⁴⁰ Siehe J. Künsting et al.: Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 2.

⁴¹ Somit sind die konstant gehaltenen Variablen die Kontrollvariablen und die variierte ist die Testvariable.

⁴² Von lateinisch: „confundere“ = vermischen, vermengen, verwirren

Handelt es sich bei den unabhängigen Variablen um solche, die entweder vorhanden sind oder nicht (wie z.B. verschiedene Chemikalien, die entweder in das Reaktionsgefäß gegeben werden oder nicht), dann können alle Variablen bis auf die zu untersuchende Testvariable aus dem Experiment entfernt werden. In diesem Fall spricht man von der Eliminierung der störenden Variablen.⁴³

Wenn die unabhängigen Variablen nicht eliminierbar sind, weil sie nur unterschiedliche Zustände einnehmen, jedoch nie ganz verschwinden (wie z.B. die Raumtemperatur, die zwar unterschiedliche Werte aber nie überhaupt keinen Wert annehmen kann), dann müssen zwischen mehreren Messungen die Kontrollvariablen in möglichst konstanten Zuständen gehalten werden, während nur die Testvariable verändert wird. In diesem Fall spricht man vom Konstanthalten der störenden Variablen.⁴⁴ Damit die Schülerinnen und Schüler allerdings überhaupt wissen, welche Variablen denn störende sind und welche auf jeden Fall keinen Einfluss auf das Experiment haben, müssen sie über Vorwissen bezüglich des entsprechenden Experiments verfügen.

Welche der beiden Varianten der Variablenkontrolle die strategisch sinnvollere ist, hängt vom jeweiligen Experiment ab. Daher kann man nicht sagen, dass einer der beiden Vorgehensweisen der jeweils anderen generell überlegen ist.

Zu einem vollständigen Experiment gehört immer auch ein Kontrollansatz, also ein identischer Ansatz, bei dem aber die abhängige Variable fehlt. Er dient zur Überprüfung, ob der beobachtete Effekt überhaupt von der abhängigen Variable abhängt. Ein Experiment ohne Kontrollansatz gehört einer positiven Teststrategie an und kann zu falschen Schlussfolgerungen bezüglich der Kausalität führen.⁴⁵

Ein weiterer Begriff, der eng mit der Variablenkontrolle verbunden ist, ist die Synergie. Von einer Synergie wird gesprochen, wenn der Effekt, den zwei unabhängige Variablen zusammen auf die abhängige haben, größer ist als die Summe ihrer Einzeleffekte.⁴⁶

Ein Beispiel dafür ist das Rosten von Eisen. Sowohl die Variable Sauerstoff als auch die Variable Wasser haben, wenn die jeweils andere eliminiert ist, keinen

⁴³ Siehe J. Künsting et al.: Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 3.

⁴⁴ Siehe J. Künsting et al.: Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 3.

⁴⁵ Siehe M. Hamann et al.: Fehlerfrei Experimentieren, S. 292.

⁴⁶ Siehe P. Adey et al.: Thinking Science, S. 118.

Einfluss auf den Zustand eines Eisennagels. Erst in Anwesenheit beider rostet der Nagel.⁴⁷

Das Konzept der Synergie ist jedoch ein fortgeschrittenes und sollte Schülerinnen und Schülern erst vermittelt werden, wenn sie die Variablenkontrolle bereits sicher beherrschen. Es ist also beim Erstellen von Material zur Variablenkontrolle darauf zu achten, dass Experimente, deren Variablen Synergien aufweisen, nicht zum Einführen des Prozesses genutzt werden, da dies die Lernenden überfordern würde.

3.2 Lernziele zum Prozess der Variablenkontrolle

Zusammenfassend lassen sich aus den oben geschilderten Erkenntnissen die folgenden drei grundlegenden Kompetenzen festhalten, über die Schülerinnen und Schüler verfügen sollten, wenn sie das Prinzip der Variablenkontrolle verstanden haben:

1. Eine Variable, die verändert wird, bezeichnet man als unabhängige Variable. Eine Variable, deren Veränderung beobachtet wird, wird abhängige Variable genannt. Wird nur eine unabhängige Variable verändert, so ist diese die Testvariable. Die anderen, die konstant gehalten werden, sind die Kontrollvariablen.
2. In einer Reihe von Messungen wird immer nur eine Testvariable variiert, während die anderen Variablen kontrolliert werden. Die Änderung der zu untersuchenden, abhängigen Variablen wird beobachtet.
3. In einem Versuch werden alle Kontrollvariablen konstant gehalten.

Auf diese drei Kompetenzen wurde sich im Material, das im Zuge dieser Arbeit erstellt wurde, beschränkt. Es lassen sich aber noch zwei weitere Kompetenzen formulieren, über die fortgeschrittene Schülerinnen und Schüler

⁴⁷ Siehe P. Adey et al.: Thinking Science, S. 121.

verfügen sollten, wenn sie als Experten bezüglich der Variablenkontrolle gelten sollen:

4. Die Ergebnisse eines Experiments werden immer mit denen eines Kontrollansatzes verglichen.
5. In einer Reihe von Messungen kann nachgewiesen werden, ob zwei Variablen (im Sinn einer Synergie) miteinander interferieren.

4 Entwicklung von Aufgabenserien zur Variablenkontrolle

Es hat sich gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler anhand eines Einzelfalles selten Konzepte oder Prozesse erlernen können.⁴⁸ Daher ist es eine naheliegende Lösung, die Schülerinnen und Schüler mehrere ähnliche Fälle bearbeiten zu lassen, in denen sie die zugrunde liegenden Konzepte bzw. Prozesse entdecken können. Im Rahmen dieser Arbeit geschieht dies mit Hilfe von Aufgabenserien zur Variablenkontrolle. Dazu folgt zunächst eine Erläuterung, was eine Aufgabenserie ausmacht.

4.1 Merkmale von Aufgabenserien

Aufgabenserien bestehen in erster Linie aus mehreren Einzelaufgaben zu einem bestimmten Thema. Dies ist häufig ein fachwissenschaftlicher Inhalt. Aufgabenserien können sich aber auch auf einen der anderen drei naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche (s. S. 7) der Bildungsstandards konzentrieren. Die Einzelaufgaben innerhalb einer Aufgabenserie können rein theoretischer Natur sein, sie können aber auch praktische Anteile, wie z.B. Experimente oder Rechercheaufträge haben. Während Aufgaben häufig sowohl zum Üben und Festigen bereits bekannter Inhalte als auch zur Diagnose eingesetzt werden⁴⁹, ist es das Ziel der Aufgaben, die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellt werden, neues Wissen aufzubauen.⁵⁰ Die Schülerinnen und Schüler sollen durch sie den Prozess der Variablenkontrolle verstehen und anwenden können. Somit handelt es sich bei den Bestandteilen der Aufgabenserien also um Lernaufgaben.

Nach Leisen ist eine Lernaufgabe „eine material gesteuerte Lernumgebung“⁵¹, die es den Schülerinnen und Schülern in einer Abfolge von Aufgaben ermöglicht, eigene Vorstellungen zu entwickeln und individuell neues Wissen aufzubauen.⁵² Dies geschieht idealerweise in Partner- oder Gruppenarbeit, damit sich die Schülerinnen und Schüler über die erlernten Konzepte und

⁴⁸ Vgl. C. v. Aufschnaiter, T. Riemeier: Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 7.

⁴⁹ Siehe J. Leisen: Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 260.

⁵⁰ Vgl. A. Kauertz, A. E. Fischer: Standards und Physikaufgaben, S. 664.

⁵¹ Aus J. Leisen: Mit Lernaufgaben lehren und lernen, S. 1.

⁵² Siehe J. Leisen: Mit Lernaufgaben lehren und lernen, S. 1.

Prozesse austauschen und ihre Vorgehensweise miteinander diskutieren können. Die Vorteile von Lernaufgaben liegen eindeutig darin, dass die Lernenden sich nicht an ein allgemeines Lerntempo anpassen müssen, sondern an für sie schwierigen Stellen länger verweilen und einfachere Passagen schneller durchlaufen können. Auch in der Wahl der Lösungswege wird ihnen bei nicht zu enger Aufgabenstellung die Wahl einer persönlich bevorzugten Vorgehensweise gelassen. Zudem leisten die eigenständig zu bearbeitenden Lernaufgaben einen Beitrag zur Erziehung zur Selbstständigkeit. Die Schülerinnen und Schüler übernehmen selbst die Verantwortung für ihren Lernprozess.⁵³

Die Bearbeitung einer Lernaufgabe verspricht dann maximalen Erfolg, wenn ihr Schwierigkeitsgrad gegenüber dem Können der Schülerinnen und Schüler angemessen ist. Das bedeutet, dass die Aufgabe nicht zu leicht sein darf, damit die Schülerinnen und Schüler nicht unterfordert und gelangweilt sind. Sie darf aber auch nicht zu schwierig sein, da sich sonst schnell demotivierende Misserfolgsereignisse und Frustration einstellen. Zudem sollte der Schwierigkeitsgrad im Verlauf der Aufgabenserie ansteigen, damit durch neue Herausforderungen die Motivation der Schülerinnen und Schüler erhalten bleibt.⁵⁴

4.2 Auswahl geeigneter Experimente

Unter der Voraussetzung, dass sich die Schülerinnen und Schüler den Prozess der Variablenkontrolle anhand einer Serie von experimentellen Lernaufgaben aneignen sollen, ist es sinnvoll, zunächst einzelne Versuche auszuwählen, die dazu möglichst gut geeignet sind. Für diese Auswahl wurde im Zuge dieser Arbeit eine Reihe von Kriterien erstellt, welche die Versuche im Idealfall zu erfüllen haben.

Zuallererst sollte, wie bereits erwähnt, der fachliche Hintergrund zu dem Experiment – also das Konzept, das zum Verstehen benötigt wird – den Schülerinnen und Schülern bereits bekannt sein. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass konzeptuelle Verständnisschwierigkeiten den

⁵³ Vgl. J. Leisen: Aufgabenkultur im mathematischnaturwissenschaftlichen Unterricht, S. 263.

⁵⁴ Vgl. A. Kauertz, A. E. Fischer: Standards und Physikaufgaben, S. 676.

Lernprozess auf der Prozessebene überlagern und erschweren. Somit sollten die Experimente möglichst grundlegende, zentrale Inhalte abdecken, die von den Schülern schon mehrfach bearbeitet, durchdrungen und auch verstanden wurden. Inhalte, die in der Sekundarstufe II behandelt werden, wurden so direkt als ungeeignet identifiziert, da das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Material für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I geeignet sein soll. Die Schülerinnen und Schüler müssen aufgrund ihres Vorwissens in der Lage sein, die relevanten Variablen erkennen zu können, „da sonst statt „Kontrolle“ eher wahlloses Probieren einsetzt.“⁵⁵ Alternativ könnten auch Experimente verwendet werden, denen besonders einfache Konzepte zugrunde liegen, die den Schülerinnen und Schülern aus ihrem alltäglichen Leben bekannt sind und die sie im physikalischen Sinne auch richtig interpretieren. Es sollten also keine Experimente sein, bezüglich deren Konzepte die Schülerinnen und Schüler mit einer großen Wahrscheinlichkeit Fehlvorstellungen besitzen. Dies bedeutet, dass beispielsweise Versuche zur Wärmeübertragung und zum Wärmegleichgewicht eher ungeeignet sind, da diese stark mit Fehlvorstellungen vorbelastet sind.⁵⁶

Als weiteres Kriterium soll der Abstraktionsgrad der Experimente gelten. Direkt beobachtbare Phänomene sind für die Schülerinnen und Schüler leichter nachzuvollziehen als Vorgänge, die nur indirekt beobachtbar sind und daher Verständnis für ein abstraktes Konzept erfordern.⁵⁷ So ist beispielsweise die Gasentwicklung einer sich auflösenden Brausetablette direkt beobachtbar, während Experimente mit elektrischem Strom nur über Messgeräte indirekt beobachtbar sind und ein Verständnis des Konzepts des Stromkreislaufs⁵⁸ erfordern. Da ähnliches auch für den Magnetismus und viele Konzepte rund um den Begriff der Energie gilt⁵⁹, wurden diese Themenbereiche bei der Suche nach geeigneten Experimenten für das hier vorgestellte Material ausgeklammert.

Ein rein praktisches Kriterium, das ein geeignetes Experiment erfüllen sollte, ist das des geringen apparativen Aufwandes. Da die Schülerinnen und Schüler

⁵⁵ Aus C. v. Aufschnaiter, T. Riemer: Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 8.

⁵⁶ Siehe R. Duit: Die physikalische Sicht von Wärme und Energie verstehen, S. 11.

⁵⁷ Vgl. C. v. Aufschnaiter, C. Rogge: Im Physikunterricht wird zu viel erklärt!, S.59.

⁵⁸ Vgl. R. Duit: Der einfache elektrische Stromkreis, S. 10.

⁵⁹ Vgl. R. Duit: Energie – ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts, S. 6-7.

möglichst viel echte Lernzeit⁶⁰ auf der Prozessebene verbringen sollen, sind Experimente, deren Aufbau viel Zeit beansprucht, kontraproduktiv. Daher wurden beispielsweise komplizierte Messungen auf Luftkissenbahnen oder aufwändige chemische Apparaturen ausgeschlossen. Stattdessen wurde darauf geachtet, wenn möglich auf Freihandversuche oder Alltagsexperimente⁶¹ zurückzugreifen.

Auch Versuche, die zwar schnell aufgebaut sind, aber trotzdem ein hohes manuelles Geschick erfordern, erscheinen nicht gut geeignet, da sich die Schülerinnen und Schüler in diesem Fall in hohem Maße auf die korrekte Durchführung des Experiments konzentrieren müssen, was wiederum die Variablenkontrolle in den Hintergrund rückt. So sind beispielsweise alle chemischen Versuche, die ein Erhitzen einer Flüssigkeit in einem Reagenzglas mittels eines Gasbrenners erfordern, weniger gut geeignet, da die Schülerinnen und Schüler stets auf das Verhindern eines Siedeverzugs achten müssen, was wiederum von der Kontrolle anderer Variablen ablenkt. Zudem ist bei der Verwendung eines Gasbrenners natürlich die Kontrolle der Variable Temperatur erschwert, was ebenfalls gegen eine Verwendung spricht. Bei der Auswahl der Experimente wurde also auch darauf geachtet, dass diese im Experimentieren ungeübte Schülerinnen und Schüler nicht vor größere Probleme stellen.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Gefahrenlage. Neben den grundsätzlichen Bestimmungen zur Sicherheit im Unterricht, die natürlich beachtet werden müssen (hier sind vor allem die Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht⁶² und die Gefahrstoffliste der gesetzlichen Unfallversicherung⁶³ zu nennen), haben Versuche, bei denen Gefahrstoffe verwendet werden, einen weiteren Nachteil gegenüber ungefährlicheren Versuchen: Je gefährlicher ein Experiment ist, desto mehr Warnhinweise und Vorsichtsmaßnahmen müssen die Schülerinnen und Schüler beachten. Wieder verlagert sich der Fokus von der Variablenkontrolle weg zur Beachtung der Sicherheitsmaßnahmen. Somit sollte immer eine Ersatzstoffprüfung stattfinden, um den Versuch nach

⁶⁰ Siehe H. Meyer: Zehn Merkmale guten Unterrichts, S. 38.

⁶¹ Beide Begriffe werden teilweise synonym verwendet und bezeichnen kurze, mit geringem Aufwand durchführbare Versuche, die meist nur qualitativ auszuwerten sind, vgl. H. J. Schlichting: Freihandversuche, S. 141.

⁶² Siehe G. Arneth et al.: Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht.

⁶³ Siehe Gesetzliche Unfallversicherung: Gefahrstoffliste.

Möglichkeit abzuwandeln. Ist dies nicht möglich, sollte ein anderer geeigneter Versuch gewählt werden. Die Verwendung von Gefahrstoffen ist nur zu akzeptieren, wenn die in Frage kommenden Alternativversuche andere aufgelistete Kriterien nicht erfüllen – unter Umständen sind Warnhinweise einem komplexerem Aufbau oder weniger eindrücklichen Effekten vorzuziehen.

Betrachtet man unterschiedliche Versuche, fällt auf, dass einige von ihnen ungeeignet erscheinen, obwohl sie die bisher genannten Kriterien erfüllen. Das trifft beispielsweise auf chemische Darstellungsreaktionen zu, bei denen ein bestimmter Stoff in einer Synthesereaktion aus anderen Stoffen hergestellt wird. Diese dienen dazu, den Schülerinnen und Schülern die Herstellung eines Stoffes zu demonstrieren, lassen aber nur schlecht Variablenkontrolle zu, da es hier bis auf die Menge der eingesetzten Stoffe keine Variable gibt, deren Veränderung das Ergebnis des Versuches beeinflusst und die man auf einfache Weise messen kann. Ähnliches gilt im Fall von Versuchen, die nur zur Veranschaulichung und nicht zur Untersuchung naturwissenschaftlicher Konzepte dienen, wie zum Beispiel die Demonstration der geradlinigen Lichtausbreitung mittels einer Nebelmaschine. Auch in diesem Versuch macht es wenig Sinn eine Variablenkontrolle durchzuführen. Gleiches gilt für die Demonstration der brownischen Molekularbewegung unter einem Mikroskop. Mit Demonstrations-, Darstellungs- und Schauversuchen wurden also ganze Kategorien von Versuchen von Anfang an ausgeschlossen. Andere Kategorien, wie zum Beispiel Gleichgewichtsreaktionen und viele quantitative Untersuchungen eignen sich wesentlich besser zum Erlernen der Variablenkontrolle und wurden daher verstärkt nach Versuchen durchsucht, die auch den anderen Kriterien entsprechen.

Nach der Sichtung diverser Quellen hinsichtlich ihrer experimentellen Komponenten, wurde anhand der vorgestellten Kriterien eine Vorauswahl geeignet erscheinender Versuche getroffen. Diese Arbeit beschränkt sich entsprechend den Studienfächern des Verfassers auf Versuche aus der Physik und der Chemie. Natürlich sind aber auch Versuche aus der Biologie geeignet,

um Variablenkontrolle durchzuführen. Die getroffene Auswahl beinhaltet folgende Experimente, aufsteigend sortiert nach der Anzahl ihrer Variablen⁶⁴:

- Brenndauer einer Kerze unter Gläsern unterschiedlichen Volumens:⁶⁵
Bei diesem Versuch wird als abhängige Variable die Brenndauer der Kerze beobachtet. Sie ist abhängig vom Volumen des verwendeten Glases, unter dem sie steht. Zusätzlich könnte man als weitere unabhängige Variable die Größe der Kerze variieren.
- Löslichkeit von verschiedenen Alkanolen in Wasser.⁶⁶
Als abhängige Variable dient hier die Anzahl der Phasen nach dem Mischen, während die Alkoholsorte die unabhängige darstellt.
- Einwirkung von Licht auf Silberhalogenide.⁶⁷
Als abhängige Variable lässt sich die Verfärbung der Lösung beobachten. Sie ist abhängig von der Belichtungsdauer.
- Temperaturabhängigkeit des chemischen Gleichgewichts.⁶⁸
Hier ist die abhängige Variable die Menge Salz, die sich im Wasser lösen lässt, während die unabhängige Variable die Wassertemperatur ist.
Alternativ kann man auch ein Stickstoffdioxid-Distickstofftetroxid-Gleichgewicht verwenden, dies benötigt allerdings eine aufwändigere Vorbereitung. In diesem Fall wäre die abhängige Variable die Farbintensität des Gases in einem verschlossenen Glaskolben, während die unabhängige wieder die Temperatur ist und über unterschiedlich warme Wasserbäder, in denen der Kolben jeweils liegt, geregelt wird.
- Löslichkeit von Zucker in Abhängigkeit von der Korngröße.⁶⁹
Die abhängige Variable ist die Auflösegeschwindigkeit, während die unabhängige Variable die Korngröße ist.

⁶⁴ Je weniger unabhängige Variablen, die von den Lernenden verändert werden können, ein Experiment hat, desto weniger komplex ist es. In der Auflistung stehen also einfachere vor komplexeren Experimenten.

⁶⁵ Siehe S. Drenker-Seredzus: Kerze unter Glas.

⁶⁶ Siehe A. Geuther et al.: Übungen zur Didaktik II, S. 17.

⁶⁷ Siehe G. Meyendorf: Einfache chemische Schulexperimente, S. 112.

⁶⁸ Siehe A. Geuther et al.: Übungen zur Didaktik II, S. 48.

⁶⁹ Siehe R. Blume: Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie.

- Abbildung eines Punktes durch Sammellinsen unterschiedlicher Brennweite:⁷⁰
Die abhängige Variable ist der abgebildete Lichtpunkt bzw. der Strahlenverlauf, die unabhängige die Brennweite der Linse.
- Lichtdurchlässigkeit von Transparentpapier:⁷¹
Die abhängige Variable ist hier die Helligkeit, die durch das Transparent dringt, die unabhängige die Schichtdicke.
- Schwimmen und Sinken einer mit Sand gefüllten Flasche:⁷²
Als abhängige Variable dient hier der Zustand der Flasche, also ob sie schwimmt oder sinkt. Die unabhängige Variable ist das Gewicht der Sandfüllung.
- Bildung von Ammoniumchlorid aus örtlich voneinander getrenntem Ammoniak und Salzsäure:⁷³
Die abhängige Variable ist die Wanderungsgeschwindigkeit. Die unabhängigen Variablen sind der Abstand zwischen den beiden Chemikalien und die eingesetzten Mengen beider Chemikalien.
- Geschwindigkeit der Reaktion von Magnesiumband mit Schwefelsäure:⁷⁴
Hier ist die Reaktionsgeschwindigkeit die abhängige Variable, während die Größe des Magnesiumstückes, die Konzentration und die Temperatur der Säure als Testvariable in Frage kommen.
Anstelle von Magnesium und Schwefelsäure kann auch Marmor in Salzsäure aufgelöst werden. Die Variablen bleiben dabei die gleichen.
- Viskosität verschiedener Stoffe:⁷⁵
Die abhängige Variable ist bei diesem Versuch die Zeit, die vergeht, während verschiedene Flüssigkeiten aus einer Bürette fließen. Unabhängige Variablen sind die Art der Substanz und das eingesetzte Volumen.
- Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von Kaliumpermanganat:⁷⁶
Da die Auflösegeschwindigkeit eines kleinen Permanganatkristalls mit einfachen Mitteln nicht gemessen werden kann, dient hier die

⁷⁰ Siehe H.-J. Wilke: Physikalische Schulexperimente Band 2, S. 254.

⁷¹ Siehe H.-J. Wilke: Physikalische Schulexperimente Band 2, S. 226.

⁷² Siehe H.-J. Wilke: Physikalische Schulexperimente Band 1, S. 228.

⁷³ Siehe A. Geuther et al.: Übungen zur Didaktik I, S. 24.

⁷⁴ Siehe A. Geuther et al.: Übungen zur Didaktik I, S. 66.

⁷⁵ Siehe A. Geuther et al.: Übungen zur Didaktik II, S. 23.

⁷⁶ Siehe R. Blume: Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie.

Geschwindigkeit der Verfärbung als qualitativ beobachtbare abhängige Variable. Die unabhängigen Variablen sind die Wassertemperatur und die Kristallgröße.

- Volumenzunahme von verschiedenen Flüssigkeiten bei Temperaturerhöhung:⁷⁷

Am einfachsten ist die Volumenzunahme in einem Rohr mit kleiner Querschnittsfläche zu messen, daher ist die abhängige Variable die Steighöhe im Rohr, während die unabhängigen Variablen die Art der Flüssigkeit und die Temperatur sind.

- Schalldämmung unterschiedlicher Materialien:⁷⁸

Hier ist die abhängige Variable die Lautstärke, die durch die Dämmung hindurch noch hörbar ist, während die unabhängigen Variablen die Lautstärke der Schallquelle, die Art des Dämmmaterials und seine Schichtdicke sind.

- Verformung einer Knetkugel beim Fall aus unterschiedlichen Höhen:⁷⁹

Die Verformung der Knetkugel ist die abhängige Variable, während die Höhe, aus der sie fallen gelassen wird sowie ihre Masse, ihr Volumen und die Unterlage, auf die sie auftrifft, die unabhängigen Variablen sind.

- Löslichkeit von Gasen in Wasser:⁸⁰

Hier ist die Anzahl der aufsteigenden Gasbläschen pro Zeitspanne die abhängige Variable. Ein genaues Zählen ist nur schwer möglich, daher sollte der Versuch nur qualitativ durchgeführt werden. Die unabhängigen Variablen sind die Temperatur der Flüssigkeit, ihr Volumen und die Art der Flüssigkeit (Mineralwasser oder Leitungswasser).

- Auslenkung einer Feder in Abhängigkeit ihrer Länge, ihres Durchmessers, ihrer Drahtdicke und des angehängten Gewichtes:⁸¹

Hier ist die abhängige Variable die Auslenkung, die eine Feder erfährt, wenn ein Gewicht an sie gehängt wird, während die Länge der Feder, der Durchmesser der Wicklung und der des Drahtes sowie das Gewicht, welches an die Feder gehängt wird, die unabhängigen Variablen darstellen.

⁷⁷ Siehe H.-J. Wilke: Physikalische Schulexperimente Band 1, S. 262.

⁷⁸ Siehe H.-J. Wilke: Physikalische Schulexperimente Band 1, S. 189.

⁷⁹ Siehe M. Kiss-Scherle, W. Lorbeer: Schülerinnen und Schüler führen ein Laborbuch, S. 21.

⁸⁰ Siehe G. Meyendorf: Einfache chemische Schulexperimente, S. 29.

⁸¹ Siehe Z. Chen, D. Klahr: All Other Things Being Equal, S. 1102.

- Umwandlung von kinetischer Energie einer rollenden Kugel in Verschiebungsarbeit:⁸²

Die abhängige Variable ist der Weg, den der angestoßene Klotz zurücklegt, zu den abhängigen Variablen gehören u. a. die Neigung der Kugelbahn, der Startpunkt der Kugel, die Masse und das Volumen der Kugel, die Masse und das Volumen des Klotzes.

- Kippen eines Holzquaders bei unterschiedlicher Schräglage:⁸³

Hier sind die unabhängigen Variablen die Neigung der Unterlage, die Ausrichtung des Quaders, seine Maße und die Rauigkeit der Unterlage und des Klotzes. Als abhängige Variable dient die Unterscheidung zwischen umgekipptem und noch aufrecht stehendem Klotz.

Diese Auflistung ist natürlich nicht abschließend – es gibt noch viele andere, zum Teil ähnliche Experimente, die die aufgelisteten Kriterien erfüllen. Diese Anzahl an Experimenten reicht aber aus, um drei Aufgabenserien zu erstellen.

4.3 Kontinuität von Variablen in unterschiedlichen Experimenten

Während der Entwicklung der Aufgabenserien ist eine grundsätzliche Eigenschaft, in der sich die genannten Experimente voneinander unterscheiden, auffällig geworden. Es gibt verschiedene Gruppen von Experimenten im Bezug auf die Variation ihrer Testvariablen.

Zum einen existiert eine Gruppe von Experimenten, deren Testvariable kontinuierlich verändert werden kann. So kann im Falle der Kugelbahn⁸⁴ deren Neigung in beliebig kleinen Schritten verkleinert bzw. vergrößert werden. Im Gegensatz dazu lassen sich die Testvariablen anderer Experimente, wie beispielsweise die Alkoholsorte im Versuch zur Mischbarkeit mit Wasser⁸⁵, nur diskontinuierlich verändern. Ähnliches gilt für die jeweilige abhängige Variable. In Falle einer Feder, die von einem Gewicht gedehnt wird, kann die Auslenkung in einem bestimmten Bereich jeden Wert annehmen, wo hingegen

⁸² Siehe H.-J. Wilke: Physikalische Schulexperimente Band 1, S. 137.

⁸³ Siehe B. Raschke: Physikalische Freihandexperimente zur Mechanik, S. 22.

⁸⁴ Siehe H.-J. Wilke: Physikalische Schulexperimente Band 1, S. 137.

⁸⁵ Siehe A. Geuther et al.: Übungen zur Didaktik II, S. 17.

ein Holzklötzchen, das in Schräglage gerät, entweder umkippt oder nicht. Letzterer Fall hat nur zwei diskontinuierliche Zustände. Für alle vier Fälle lassen sich weitere Beispiele finden, so dass es sich nicht um Ausnahmefälle, sondern um unterschiedliche Gruppen von Experimenten handelt. Die Frage lautet nun, ob manche dieser Gruppen den Schülerinnen und Schülern das Erlernen der Variablenkontrolle erleichtern oder erschweren. Zusätzlich ist zu vermuten, dass sich eine Vermischung der Gruppen innerhalb einer Aufgabenserie vermutlich negativ auf den Lernerfolg auswirkt, da die Schülerinnen und Schüler einen Transfer von der einen zur anderen Gruppe ausführen müssen. Um diese Fragen näher zu beleuchten, sind aber weitere Untersuchungen notwendig. Die hier entwickelten Aufgabenserien verwenden Experimente aus allen Gruppen und können daher allenfalls einen ersten Hinweis geben.

4.4 Grundsätzliche Überlegungen zum Aufbau von Aufgabenserien

Es sind in erster Linie zwei unterschiedliche Herangehensweisen bezüglich der Wissensvermittlung innerhalb einer Lernaufgabe denkbar. Entweder wird das nötige Hintergrundwissen den Lernenden im Voraus vermittelt und er findet es dann bei der Bearbeitung der Aufgaben wieder. Oder die Lernenden bearbeiten zunächst eine Aufgabe, anhand deren Ergebnisses dann anschließend das neue Wissen an sie herangetragen wird.

Bei der Variablenkontrolle handelt es sich um Wissen auf der Prozessebene, also um Wissen, das erst in der praktischen Anwendung in Experimenten vollständig zur Entfaltung kommt. Es ist sicherlich möglich, den Lernenden den Prozess zunächst rein theoretisch zu beschreiben, damit sie ihn dann in einem Versuch anwenden. Diese Vorgehensweise erscheint aber deutlich schwieriger als der umgekehrte Weg, da der Lernweg so vom Abstrakten ins Konkrete führt und die Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler überfordert wird.⁸⁶ Stattdessen sollten die Schülerinnen und Schüler zuerst ein gut strukturiertes Experiment durchführen, im Anschluss daran anhand der vorgegebenen Vorgehensweise die grundlegenden Begriffe der Variablenkontrolle kennen lernen und diese dann in kleinen Übungsaufgaben

⁸⁶ Vgl. C. v. Aufschnaiter, C. Rogge: Im Physikunterricht wird zu viel erklärt!, S. 57.

trainieren, bevor sie diese Grundlagen in weiteren Versuchen unter Anleitung selbst anwenden. Schließlich erhalten sie offenere Aufgaben, in denen sie die Variablenkontrolle eigenständig anwenden müssen. Dieser Vorgehensweise liegt das Konzept des so genannten Scaffoldings zugrunde. Dabei erhalten die Schülerinnen und Schüler ein Gerüst⁸⁷ aus Hilfestellungen, anhand dessen sie sich neues Wissen aneignen. Dabei sind diese Hilfestellungen gerade so angelegt, dass sie die Schülerinnen und Schüler über ihr bisheriges kognitives Niveau hinaus heraus- aber nicht überfordern.⁸⁸ Auf diese Weise überbrücken sie die Lücke „zwischen dem, was ein/e Lerner/in bereits kann, und dem, was mit Unterstützung möglich ist“⁸⁹. Im Verlauf des Lernprozesses werden die Schülerinnen und Schüler auf diese Weise immer vertrauter mit den jeweiligen Inhalten, so dass sie die Hilfestellungen immer seltener benötigen. Diese können dann schrittweise verringert werden, bis sie überhaupt nicht mehr nötig sind. Dieses Reduzieren der Hilfestellungen wird auch als Fading⁹⁰ bezeichnet.⁹¹ In den Aufgabenserien äußert sich dies in zu Beginn sehr konkreten⁹² und später eher offenen Anweisungen und Aufgabenstellungen⁹³, sowie den nur anfangs gegebenen Musterlösungen zur Selbstkontrolle⁹⁴. Die Schülerinnen und Schüler sollen bei der Bearbeitung einer Lernaufgabe weder über- noch unterfordert werden. Es ist davon auszugehen, dass sie bezüglich der Variablenkontrolle kein Vorwissen (oder zumindest nur intuitive Vorstellungen) besitzen, wenn die Aufgabenserien im Anfangsunterricht eingesetzt werden. Somit ist es im Sinne Wygotskis Zone der nächsten Entwicklung⁹⁵ unfruchtbar, den Schülerinnen und Schülern gleich den Gesamtprozess der Variablenkontrolle zu vermitteln – dies übersteigt ihr Leistungsvermögen deutlich. Stattdessen sollten sie zuerst in die Grundbegriffe eingeführt werden, bevor sie nach und nach den Gesamtprozess kennen lernen. Auf diese Weise steigt sowohl der Abstraktionsgrad als auch der Umfang der Inhalte an. Daraus resultiert ein gleichmäßig ansteigendes Anforderungsniveau, welches sowohl Unter- als auch Überforderung vermeidet.

⁸⁷ Von englisch: „scaffold“ = (Bau)Gerüst.

⁸⁸ Vgl. L. S. Wygotski: Denken und Sprechen, S. 244.

⁸⁹ Aus G. Kniffka: Scaffolding, S. 1.

⁹⁰ Von englisch: „fading“ = Nachlassen, Abklingen.

⁹¹ Vgl. A. Krapp, B. Weidenmann: Pädagogische Psychologie, S. 620.

⁹² Siehe Anhang A1, S. 2-3.

⁹³ Siehe Anhang A1, S. 27.

⁹⁴ Siehe Anhang A1, S. 8 und S. 11.

⁹⁵ Siehe L. S. Wygotski: Denken und Sprechen, S. 240.

Ein weiterer Aspekt bezüglich des Aufbaus der Aufgabenserie und der Auswahl der Experimente ist der Aspekt der Anzahl der fachlichen Themengebiete. Eine Aufgabenserie kann die Variablenkontrolle anhand eines einzelnen Experiments vermitteln, indem in mehreren Aufgaben nacheinander unterschiedliche Variablen eines komplexeren Experiments (z.B. die Untersuchung des Einflusses mehrerer Variablen auf die Effizienz eines Windradflügels⁹⁶) zur Testvariablen werden. Alternativ können mehrere Experimente zu einem Sachverhalt eingesetzt werden. Beispielsweise kann die Variablenkontrolle an unterschiedlichen oszillierenden Systemen (Federpendel, Fadenpendel, Schwingung einer Flüssigkeit im U-Rohr) vermittelt werden. Soll eine noch größere Vielfalt an Experimenten zum Einsatz kommen, können verschiedene Experimente innerhalb eines Gebietes (z.B. der Mechanik⁹⁷), innerhalb eines Schulfaches (z.B. der Chemie) oder sogar Experimente aus mehreren naturwissenschaftlichen Fachrichtungen genutzt werden.

Ein themenübergreifender Ansatz, bei dem verschiedene Experimente eines Schulfaches zum Einsatz kommen, erscheint sinnvoll, da die Schülerinnen und Schüler auf diese Weise erfahren, dass die Variablenkontrolle eine allgemein gültige Strategie ist, deren Einsatz nicht auf einzelne Experimente beschränkt ist, während ebendieser Eindruck bei der Verwendung nur eines Experiments entstehen könnte. Eine themenübergreifende Aufgabenserie sollte Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe I zudem nicht überfordern, da eine Untersuchung von Chen und Klahr gezeigt hat, dass bereits Viertklässler in der Lage sind, die Strategie der Variablenkontrolle innerhalb der Mechanik erfolgreich von einem Experiment auf ein anderes zu übertragen.⁹⁸ In den erstellten Aufgabenserien zeigt sich dieser Ansatz im Fall der Serie zur Mechanik beispielsweise darin, dass die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Versuche durchführen (Verformung einer fallenden Knetkugel, Verschieben von Würfeln durch rollende Kugeln⁹⁹), die einem Gebiet der Physik zuzuordnen sind. Auf diese Weise erfahren sie, dass der Prozess der Variablenkontrolle nicht nur für ein Experiment gültig ist.

⁹⁶ Siehe S. Kirchner, B. Priemer: Wie können Schüler angeleitet werden, Experimente selber zu planen?, S. 194-195.

⁹⁷ Siehe Z. Chen, D. Klahr: All Other Things Being Equal, S.1102

⁹⁸ Siehe Z. Chen, D. Klahr: All Other Things Being Equal, S.1116

⁹⁹ Siehe Anhang A1, S. 2-4 und Anhang A1, S. 18.

Bei der Erstellung einer Aufgabenserie ist auch von Anfang an zu bedenken, in welcher Organisationsform die Serie bearbeitet werden soll. Es ist zwar denkbar, dass die Schülerinnen und Schüler die Aufgaben in Einzelarbeit bearbeiten, dies hat jedoch einige Nachteile gegenüber einer Gruppenarbeit. Zum einen entsteht im Fall von Einzelarbeit ein wesentlich größerer Organisationsaufwand, da pro Person je ein Satz Material zur Verfügung gestellt werden muss. Dies betrifft sowohl die Arbeitsanweisungen und die Experimentiermaterialien als auch den Arbeitsplatz, der ausreichend vorhanden sein muss. Zum anderen profitieren die Schülerinnen und Schüler gegenseitig voneinander, wenn sie in einer Gruppe zusammenarbeiten. Weiterhin werden durch die Gruppenarbeit weitere Sekundärziele ermöglicht, wie z.B. das Trainieren von sozialer oder verbaler Kompetenz. Letztere wird durch die Notwendigkeit des miteinander Sprechens über die Aufgabenstellungen gestärkt. Wenn es nun sinnvoll ist Gruppen zu bilden, stellt sich direkt die Frage nach der Gruppengröße. Wenn es die Bedingungen, also das vorhandene Material und die Räumlichkeit zulassen, erscheinen Zweier- oder Dreiergruppen ideal. Bei größeren Gruppen besteht die Gefahr, dass sich nicht alle Gruppenmitglieder in gleichem Maß beteiligen können, da sich beim Experimentieren nur eine begrenzte Anzahl Schülerinnen und Schüler einbringen kann und so ganz schnell ein bis zwei Personen zu Experimentatoren werden und der Rest nur bedingt interessiert zuschaut. Bei der Entwicklung der Aufgabenserien wurde dieser Überlegung Rechnung getragen, indem die Aufgabenserien jeweils für Zweiergruppen konzipiert wurden.

4.5 Praktische Umsetzung in drei Aufgabenserien

Im Rahmen dieser Arbeit wurden drei Aufgabenserien entwickelt. Ihr grundsätzlicher Aufbau ist in allen drei Fällen identisch. Als übergeordnetes Thema wurde bei der ersten Aufgabenserie die Mechanik gewählt¹⁰⁰. Die zweite ist eine einfacher gehaltene Serie¹⁰¹, die sich nicht auf ein Gebiet spezialisiert und für den chemischen Anfangsunterricht geeignet ist, weil sie

¹⁰⁰ Siehe Anhang A1.

¹⁰¹ Siehe Anhang A2.

keine inhaltlichen Vorkenntnisse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler erfordert. Die dritte beschäftigt sich mit den Eigenschaften von Salzen¹⁰².

Alle drei Aufgabenserien wurden so gestaltet, dass sie in einem Zeitrahmen von ungefähr sechzig Minuten bearbeitet werden sollen, es bietet sich also ein Einsatz in einer Doppelstunde an, damit auch langsam arbeitende und leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, die Serie vollständig zu bearbeiten. Für alle, die schneller fertig werden, sind zusätzliche, zum Thema passende Aufgaben bereitzuhalten. Zudem ist zu beachten, dass bei den chemischen Versuchen Zeit zum Reinigen der Glasgeräte eingeplant werden muss. Außerdem wird in den Aufgabenserien auf Anweisungen zum Sammeln und Entsorgen der verwendeten Chemikalien verzichtet, da dies von den jeweiligen Gegebenheiten vor Ort abhängt.

Alle drei Aufgabenserien beginnen jeweils mit einer kurzen Einleitung, die den Schülerinnen und Schülern auf die folgenden Seiten einstimmt.¹⁰³ Dabei wird auch schon der Begriff der Variablenkontrolle genannt, ohne jedoch genauer erklärt zu werden, da dies ja, wie in Kapitel 4.4 (S. 26) beschrieben, erst im Anschluss an das erste Experiment erfolgen sollen. Das erste Experiment, welches der Einleitung folgt, ist kleinschrittig strukturiert und einfacher Natur.¹⁰⁴ Auf diese Weise wird sichergestellt, dass alle Schülerinnen und Schüler den Versuch richtig durchführen können. Bei einer offeneren Gestaltung, die von den Lernenden einen größeren Anteil eingeständiger Planung fordern würde, bestünde die Gefahr, dass die Schülerinnen und Schüler wie in Kapitel 2.3 (S. 11) beschrieben unsystematisch vorgehen würden.

Nachdem die Schülerinnen und Schüler den Versuch durchgeführt und ihre Ergebnisse dokumentiert haben, werden ihnen anhand des soeben durchgeführten Experiments zunächst die Begriffe „abhängige Variable“ und „Testvariable“ erklärt.¹⁰⁵ Den Schülerinnen und Schülern wird hier also nicht sofort der vollständige Prozess präsentiert. Stattdessen lernen sie die wesentlichen Begriffe, wie von Wygotski mit dem Begriff der „Zone der

¹⁰² Siehe Anhang A3.

¹⁰³ Siehe Anhang A1, S. 1.

¹⁰⁴ Siehe Anhang A1, S. 2-4.

¹⁰⁵ Siehe Anhang A1, S. 6.

nächsten Entwicklung¹⁰⁶ gefordert, zunächst schrittweise kennen. Die beiden neu kennen gelernten Variablen sollen die Schülerinnen und Schüler anschließend in einer einfachen Übung in zwei Fragestellungen wieder finden.¹⁰⁷ Beide Fragen entstammen aus ihrer Alltagswelt und sind so formuliert, dass sich die beiden Variablen leicht in ihnen finden lassen. Nachdem die Schülerinnen und Schüler die Fragen beantwortet haben, finden sie auf der nächsten Seite die Lösungen.¹⁰⁸ So können sie sich rückversichern, dass ihre Lösungen richtig sind bzw. bei einer Uneinigkeit über die richtige Lösung oder einem Auslassen von Antworten, wird ihnen die richtige Antwort gegeben.

Anschließend wird in einem weiteren Schritt erklärt, dass alle übrigen Eigenschaften, die sie im Experiment nicht verändert haben, die Kontrollvariablen sind.¹⁰⁹ Diese unveränderten Eigenschaften sollen die Schülerinnen und Schüler dann aufzählen, wobei nicht damit gerechnet werden kann, dass alle Gruppen alle Kontrolleigenschaften erkennen. Daher befindet sich auf der darauf folgenden Seite eine Zusammenfassung aller wichtigen Variablen.¹¹⁰ Da es im Bezug auf den Prozess natürlich nicht ausreicht, die Kontrollvariablen nur zu identifizieren, sondern diese auch konstant gehalten werden müssen, findet sich im Anschluss an die Aufzählung jeweils eine Tabelle, die erklärt, welche Maßnahmen zur Kontrolle zu ergreifen sind. Abschließend wird anhand einer der bereits vorher bearbeiteten Übungsfragen auch das Finden der Kontrollvariablen geübt.¹¹¹ Dieser erste Teil legt den Grundstein für das Erreichen des ersten Kompetenzziels aus Kapitel 3.2, also für das Unterscheiden der unterschiedlichen Variablen. Den Schülerinnen und Schülern wurden die grundlegenden Begriffe zur Variablenkontrolle vorgestellt. Nun gilt es, diese Begriffe in weiteren Versuchen wieder zu entdecken, damit sie sich einprägen und von den Schülerinnen und Schülern als allgemeingültig anerkannt werden.¹¹²

Der erste Versuch ist damit abgeschlossen. Nun üben die Schülerinnen und Schüler den Gesamtprozess anhand eines weiteren Versuches. Bevor sie diesen

¹⁰⁶ Vgl. L. S. Wygotski: Denken und Sprechen, S. 240.

¹⁰⁷ Siehe Anhang A1, S. 7.

¹⁰⁸ Siehe Anhang A1, S. 8.

¹⁰⁹ Siehe Anhang A1, S. 9.

¹¹⁰ Siehe Anhang A1, S. 11.

¹¹¹ Siehe Anhang A1, S. 12.

¹¹² Vgl. C. v. Aufschnaiter: Mithilfe von Experimenten lernen – (wie) geht das?, S. 7.

durchführen, werden sie aufgefordert zu der Forschungsfrage dieses zweiten Versuchs wieder die abhängige und die Test- sowie die Kontrollvariablen zu identifizieren. Zudem sollen sie sich überlegen, wie garantiert werden kann, dass die Kontrollvariablen konstant bleiben.¹¹³ Dies leistet einen Beitrag zum Erreichen des dritten Kompetenzziels aus Kapitel 3.2, dem Konstanthalten der Kontrollvariablen. Anschließend folgt erneut eine Zusammenfassung, anhand derer sie ihre Gedanken überprüfen und vervollständigen können. Im Gegensatz zum ersten Versuch müssen sie die Variablenkontrolle also nicht nur nachvollziehen, sondern schon vor dem Experimentieren anwenden.

Der dritte Teil der Serie beginnt mit einer Forschungsfrage, zu der die Schülerinnen und Schüler wieder die Variablen identifizieren.¹¹⁴ Anschließend wird ihnen zu dieser Forschungsfrage ein konfundiertes Experiment vorgestellt.¹¹⁵ Den Schülerinnen und Schülern wird eine Versuchsanordnung beschrieben, in der mehrere Variablen gleichzeitig verändert wurden. Sie sollen den Fehler finden und einen Vorschlag machen, wie dieser zu vermeiden ist. Auf diese Weise üben sie das Unterscheiden der einzelnen Variablen. Auf die Verwendung des Konfundierungsbegriffs im Material wurde absichtlich verzichtet, da dieser nur ein weiterer Fachbegriff ist. Die Schülerinnen und Schüler müssten ihn lernen, obwohl er im Gegensatz zu den Bezeichnungen der Variablen für das Verständnis nicht notwendig ist. Es reicht im Sinne einer didaktischen Reduktion, wenn den Schülerinnen und Schülern bewusst wird, dass das gleichzeitige Verändern mehrerer Variablen ein Fehler ist, der die richtige Interpretation der Versuchsergebnisse unmöglich macht. Identifizieren die Gruppen den Fehler im konfundierten Experiment richtig und schlagen einen unkonfundierten Versuchsablauf vor, so sind sie auf einem guten Weg, das zweite und dritte Kompetenzziel (s. S. 15) zu erreichen. Schaffen sie dies nicht, so hilft ihnen die Versuchsanleitung, den Versuch im Sinne des zweiten und dritten Kompetenzziels richtig durchzuführen und im Vergleich ihres Ergebnisses mit dem des konfundierten Experiments, den Unterschied zu erkennen. Abschließend werden die Schülerinnen und Schüler nach einer Variation des soeben durchgeführten Experiments gefragt, in der sie für eine Durchführung mit veränderter Testvariable die einzelnen Variablen

¹¹³ Siehe Anhang A2, S. 16.

¹¹⁴ Siehe Anhang A2, S. 19.

¹¹⁵ Siehe Anhang A2, S. 21.

identifizieren sollen.¹¹⁶ Hier müssen sie erkennen, dass aus einer ehemaligen Kontrollvariablen in der neuen Situation eine Testvariable geworden ist, während die Testvariable zur Kontrollvariablen wird. Dies trainiert noch einmal die Differenzierung zwischen den einzelnen Variablentypen.

Dies ist der grundsätzliche Aufbau, der für alle drei Aufgabenserien gleich ist. Im Folgenden werden nun die serienspezifischen Überlegungen zu jeder der drei Aufgabenserien vorgestellt.

4.5.1 Variablenkontrolle in der Mechanik

Die erste Aufgabenserie, die entwickelt wurde, beinhaltet drei Versuche aus dem Bereich der Mechanik, anhand derer die Schülerinnen und Schüler der achten oder neunten Klasse den Prozess der Variablenkontrolle erlernen.

Als Einstiegsexperiment wurde die Verformung einer Knetkugel, die aus unterschiedlichen Höhen auf den Boden fällt, gewählt.¹¹⁷ Zur Durchführung benötigen die Schülerinnen und Schüler keine fachlichen Erkenntnisse bezüglich der Mechanik. Sie müssen allerdings sorgfältig die Höhe, aus der die Knetkugel fallen gelassen wird und vor allem ihren Durchmesser messen, was durch eine genaue Anleitung ermöglicht wird.¹¹⁸ Ein besonders beachteter Punkt war während der Entwicklung die Formulierung, wie die Verformung der Kugel zu ermitteln sei, da der Begriff „Durchmesser“ im Bezug auf eine eingedrückte und daher an einer Seite abgeflachte Kugel eigentlich nicht mehr zutrifft. Da aber alle Alternativen, wie z.B. „Breite“, „Höhe“ oder „Größe“ und die Verwendung von mathematischen Fachbegriffen wie „Kugelsegment“ oder „Kugelkalotte“ ungenau sind bzw. keinen Beitrag zu einem besseren Verstehen durch die Schülerinnen und Schüler leisten, wird in der finalen Fassung der Begriff des „kleinen Durchmessers“ verwendet und durch eine Abbildung veranschaulicht.¹¹⁹

Bei diesem Experiment ist zu beachten, dass möglichst weiche Knete verwendet werden sollte. Je weicher die Knete ist, desto stärker ist die

¹¹⁶ Siehe Anhang A2, S. 25-26.

¹¹⁷ Siehe M. Kiss-Scherle, W. Lorbeer: Schülerinnen und Schüler führen ein Laborbuch, S. 21.

¹¹⁸ Siehe Anhang A1, S. 2-4.

¹¹⁹ Siehe Anhang A1, S. 3.

Verformung. Dies wiederum erleichtert es den Schülerinnen und Schülern, Unterschiede in der Verformung beim Fallen aus ähnlichen Höhen zu beobachten.

Im Anschluss an das Experiment werden den Schülerinnen und Schülern zwei Fragen gestellt, die bereits auf die Variablenkontrolle hindeuten.¹²⁰ So werden sie für diese Ebene des Experimentierens sensibilisiert. Es folgt der in Kapitel 4.5 (S. 31) bereits beschriebene Teil, in dem die Definition der Begriffe Testvariable, abhängige Variable und Kontrollvariable erklärt und von den Schülerinnen und Schülern geübt wird.¹²¹

Als zweites Experiment war zunächst ein Versuch eingeplant, bei dem untersucht wird, bei welcher Schräglage ein Holzquader umkippt.¹²² Auch dieser Versuch ist grundsätzlich ohne fachliches Vorwissen durchführbar. Dass das Kippen eines Körpers vor allem eine Frage seines Schwerpunktes ist, muss hier nicht verstanden werden, um auf der Prozessebene Variablenkontrolle durchzuführen. Allerdings ist das Messen der Testvariablen nicht ganz einfach. Die Schülerinnen und Schüler müssen sich eine Methode zur Messung der Steigung des Brettes, auf dem der Holzquader steht, überlegen. Dies wäre jedoch kein Hinderungsgrund gewesen, den Versuch zu verwenden.

Im Verlauf der Entwicklung wurde allerdings offensichtlich, dass der Versuch bezüglich zweier Aspekte ungünstig ist. Zum einen passt er inhaltlich nicht so gut zwischen die anderen beiden Teile, bei denen jeweils eine Kugel eine Strecke zurücklegt, an deren Ende sie auf ein Hindernis stößt, wodurch jeweils unterschiedliche Kraftwirkungen beobachtet werden können. Das Experiment des kippenden Klotzes unterbricht diese Ähnlichkeit und erfordert somit einen zweimaligen Transfer der Schülerinnen und Schüler. Dies allein wäre aber noch kein zwingender Grund den Versuch zu verwerfen, da es ja durchaus auch positiv ist, wenn die Schülerinnen und Schüler den Prozess der Variablenkontrolle in verschiedenen Kontexten anwenden, da das seinen allgemeinen Nutzen zeigt. Der Versuch unterscheidet sich jedoch in einem weiteren, in Kapitel 4.3 (S. 25) erwähnten Punkt, von den beiden anderen. Sowohl die Veränderung der Höhe, aus der die Knetkugel auf den Untergrund fällt, als auch die Veränderung verschiedener Parameter an einer Kugelbahn

¹²⁰ Siehe Anhang A1, S. 5.

¹²¹ Siehe Anhang A1, S. 6-13.

¹²² Siehe B. Raschke: Physikalische Freihandexperimente zur Mechanik, S. 22.

resultiert in kontinuierlichen Veränderungen der jeweiligen abhängigen Variable. Beim kippenden Klotz hingegen gibt es nur zwei mögliche Zustände – entweder der Klotz fällt um oder er bleibt stehen. Die abhängige Variable lässt also keine kontinuierliche Veränderung zu. Mehrere unterschiedliche Werte für die Testvariable resultieren in identischen Zuständen bezüglich der abhängigen Variablen. Diese grundsätzlichen Unterschiede zu den anderen beiden Versuchen erfordern wiederum Transferleistungen der Schülerinnen und Schüler auf einer zusätzlichen Ebene. Um mögliche Schwierigkeiten präventiv zu vermeiden wurde der Kippversuch für diese Aufgabenserie verworfen. Ungeklärt bleibt, wie groß die Auswirkungen des Transfers auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler wären.

Nachdem der Kippversuch verworfen wurde, musste ein Ersatzversuch gefunden werden. Die naheliegendste Lösung war, auf die Kugelbahn zurückzugreifen, die im dritten Versuch verwendet wird. Dadurch werden die eben angesprochenen Transfers vermieden. Dies ist möglich, da die Versuche auf der Kugelbahn viele verschiedene Variablen beinhalten, die sehr einfach manipuliert und kontrolliert werden können. So wird den Schülerinnen und Schülern im zweiten Teil der Aufgabenserie zuerst die Kugelbahn vorgestellt, auf der eine Metallkugel herunter rollt und dann einen Kunststoffblock wegschiebt. Die Kugelbahn selbst ist eine sehr einfache Konstruktion. Die Schiene, auf der die Kugel rollt, besteht aus zwei Stativstangen, die an einem Ende durch eine Muffe verbunden sind. Diese Muffe liegt auf einer weiteren Muffe auf, die an einer Stativstange befestigt ist.¹²³ Auf diese Weise entsteht eine bezüglich der Höhe regulierbare Schräge.

Die Schülerinnen und Schüler sollen als erstes die abhängige und die Testvariable identifizieren, wenn der Einfluss des Startpunktes der Kugel auf der Bahn auf den Weg, den der Klotz zurücklegt, untersucht wird.¹²⁴ Anschließend werden die Schülerinnen und Schüler nach den Kontrollvariablen des Versuchs gefragt. Dabei werden sie durch eine Abbildung unterstützt, die die Bahn mit einer Holzkugel und einem Holzklötz zeigt¹²⁵ und so einen Hinweis auf zwei der Kontrollvariablen gibt. Anschließend folgt wie schon im ersten Teil eine Zusammenfassung der

¹²³ Siehe Anhang A1, S. 14.

¹²⁴ Siehe Anhang A1, S. 15.

¹²⁵ Siehe Anhang A1, S. 16.

Variablen, anhand derer die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse vergleichen können, bevor sie das Experiment durchführen. Im Anschluss an das Experiment wird den Schülerinnen und Schülern eine weitere Fragestellung zu der Kugelbahn vorgestellt, nämlich ob die Steigung der Bahn die Strecke, die der Klotz von der Kugel weggeschoben wird, beeinflusst. Auch für diese Frage sollen die Schülerinnen und Schüler die Variablen identifizieren. Zur Kontrolle folgt eine Erklärung, dass die ehemalige Testvariable aus dem vorherigen Versuch, der Startpunkt der Kugel, nun zur Kontrollvariablen wird, während die Steigung der Bahn nun zur neuen Testvariablen wird.¹²⁶ Im Anschluss werden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, den Versuch durchzuführen. Mit einer Ergebnissicherung endet der zweite Teil, dessen Versuchsaufbau, im Gegensatz zum ersten Ansatz des Kippversuchs, eine direkte Vorbereitung für den dritten und letzten Teil der Aufgabenserie darstellt.

Der dritte Teil der Aufgabenserie beginnt mit einer weiteren Fragestellung zu der Kugelbahn. Im Gegensatz zu den vorherigen Fragen werden nun die Kugeln und Klötze variabel, d.h. neben dem Kunststoffklotz steht auch ein Holzklotz zur Verfügung, während als Alternative zu Stahlkugel nun auch eine Glaskugel verwendet werden kann. Die Schülerinnen und Schüler haben zunächst zu der Fragestellung „Werden Klötze aus unterschiedlichen Materialien unterschiedlich weit weggeschoben?“ die relevanten Variablen zu identifizieren. Dies sollte ihnen aufgrund der vorangegangenen Versuche keine Probleme bereiten. Danach wird ihnen das konfundierte Experiment vorgestellt¹²⁷, bei dem eine fiktive Person namens Matthias neben dem Material des Klotzes auch noch die Kugel und ihren Startpunkt auf der Bahn variiert hat. Sein Ergebnis kann somit nicht aussagekräftig sein. Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, Matthias Vorgehen zu beurteilen und sollen anschließend vorschlagen, wie man das Experiment fehlerlos durchführen müsste. Nachdem die Schülerinnen und Schüler den Versuch unkonfundiert durchgeführt haben, wird ihnen eine letzte Variation des Experiments vorgestellt, nämlich der Einfluss verschiedener Kugeln auf das Ergebnis. Wiederum haben sie die unterschiedlichen Variablen für diese Fragestellung zu identifizieren, bevor sie den Versuch durchführen. Als

¹²⁶ Siehe Anhang A1, S. 21.

¹²⁷ Siehe Anhang A1, S. 25.

abschließende Verständnisfrage werden sie noch gefragt, welcher Klotz und welche Kugel verwendet werden muss, damit der Klotz möglichst weit weggeschoben wird.¹²⁸ So kann überprüft werden, ob sie ihre Versuchsergebnisse richtig interpretiert haben.

4.5.2 Variablenkontrolle im chemischen Anfangsunterricht

Die zweite Aufgabenserie beinhaltet auf der fachlichen Ebene besonders einfache Versuche. Sie eignet sich für den chemischen Anfangsunterricht in der siebten Klasse.

Die Aufgabenserie beginnt mit einem Versuch zur Vermischung verschiedener Alkohole und Wasser. Das Lösen von verschiedenen Stoffen in Wasser wird im Anfangsunterricht im Rahmen der Stofftrennung thematisiert¹²⁹, so dass die Schülerinnen und Schüler über kein zusätzliches Vorwissen verfügen müssen, um den Versuch zu verstehen. Zunächst wird den Schülerinnen und Schülern der Versuch und die dazugehörige Forschungsfrage „Beeinflusst die Alkoholsorte, ob sich ein Alkohol mit Wasser mischt?“ vorgestellt.¹³⁰ In früheren Versionen der Aufgabenserie wurden die Schülerinnen und Schüler anschließend nach den zwei möglichen Beobachtungen des Versuchs gefragt, also ob sich eine oder zwei Phasen ausbilden. Da ihnen aber vermutlich nicht bewusst ist, worauf diese Frage abzielt und die Mehrheit die Lösung nur erraten kann, wurde davon abgesehen, diese Frage zu stellen. Stattdessen werden den Schülerinnen und Schülern an dieser Stelle einfach die beiden Möglichkeiten präsentiert. Zudem wurde der Begriff der „Phase“ nicht verwendet, da er ihnen als Fachbegriff nicht bekannt sein dürfte und durch den Begriff „Schicht“ ersetzt. Dieser ist intuitiv verständlich und den Schülerinnen und Schülern aus dem Alltagsgebrauch bekannt. Der Versuch, der im Anschluss durchgeführt wird¹³¹, verwendet vier verschiedene Alkohole: Ethanol, Propanol, Butanol und Decanol. Auf die Verwendung von Methanol wurde im Sinne des Kriteriums zur Sicherheit aus Kapitel 4.2 (S. 20) aufgrund

¹²⁸ Siehe Anhang A1, S. 30.

¹²⁹ Vgl. Hessisches Kultusministerium: Lehrplan Chemie – Gymnasialer Bildungsgang, S. 3.

¹³⁰ Siehe Anhang A2, S. 2.

¹³¹ Siehe A. Geuther et al.: Übungen zur Didaktik II, S. 17.

dessen Toxizität verzichtet. Seine Verwendung ist für das Erlernen der Variablenkontrolle nicht zwingend notwendig. Die Risiken überwiegen hier eindeutig den Nutzen.

Nachdem die Schülerinnen und Schüler die Mischbarkeit der vier Alkohole überprüft haben, werden sie gefragt, ob die Alkoholsorte einen Einfluss auf ebendiese hat. Dies sollten sie aufgrund ihrer Ergebnisse bejahen können. Im Anschluss an diese Zusammenfassung ihrer Ergebnisse, die bereits auf die Variablen hindeutet, folgt wie auch in den anderen beiden Serien die Einführung der Fachbegriffe sowie das Üben derselben anhand von alltagsbezogenen Forschungsfragen.¹³²

Auch das zweite Experiment der Aufgabenserie ist sehr einfach gehalten. Mit Hilfe von Bechergläsern unterschiedlichen Volumens untersuchen die Schülerinnen und Schüler, ob die Brenndauer eines Teelichts von dem ihm zur Verfügung stehenden Luftmenge abhängt. Dass eine Kerze erlischt, wenn man ein Gefäß über sie stülpt, ist eine Alltagserfahrung der Schülerinnen und Schüler. Dass das Erlöschen wiederum vom zur Verfügung stehenden Luftsauerstoff abhängt¹³³, ist an dieser Stelle für den Lernzuwachs auf der Prozessebene unwichtig. Da der Versuch zudem ungefährlich und vom Aufbau her unkompliziert ist, sollten die Schülerinnen und Schüler bei der Durchführung keine Probleme haben. In der Vorbereitung des Versuchs sind zwei Dinge zu beachten. Zum einen sind die Bechergläser so zu wählen, dass deutlich unterschiedliche Brenndauern beobachtbar sind – dafür sind zum Beispiel Bechergläser mit den Volumina 100ml, 500ml und 1.000ml geeignet. Zum anderen ist den Schülerinnen und Schülern eine bereits benutzte Kerze zur Verfügung zu stellen, da bei der Verwendung einer neuen Kerze mit bisher unbenutztem Docht die Anfangsbedingungen der einzelnen Messungen nicht mehr identisch sind. Bevor die Schülerinnen und Schüler den Versuch durchführen, werden sie im Material wieder aufgefordert, die Variablen zu notieren. Im Anschluss daran werden sie für jede der Kontrollvariablen gefragt, wie sie diese jeweils kontrollieren können. Anschließend führen sie den Versuch durch und notieren ihre Ergebnisse. Eine Frage nach der am

¹³² Siehe Anhang A2, S. 5-12.

¹³³ Der Sauerstoffanteil der Luft beträgt ca. 21%, die restlichen Bestandteile unterstützen die Verbrennung nicht.

schwierigsten konstant zu haltenden Kontrollvariable¹³⁴ lenkt schließlich noch einmal den Blick auf die Kontrollvariablen, die bei diesem einfachen Experiment im Vordergrund standen.

Im dritten Teil der Aufgabenserie wird den Schülerinnen und Schülern das konfundierte Experiment vorgestellt.¹³⁵ Die Forschungsfrage beschäftigt sich in diesem Fall mit der Frage ob sich Magnesium in erwärmter Schwefelsäure schneller auflöst. Zunächst werden die Schülerinnen und Schüler wieder aufgefordert, die einzelnen Variablen zu identifizieren. Im anschließend beschriebenen Experiment wurden jedoch neben der Temperatur der Säure, die als eigentliche Testvariable vorgesehen war, auch die Länge des verwendeten Magnesiumbandes und das Volumen der Schwefelsäure variiert. Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, das konfundierte Experiment bezüglich seiner Aussagekräftigkeit zu beurteilen und einen unkonfundierten Versuchsablauf vorzuschlagen. Anschließend führen die Schülerinnen und Schüler den Versuch zum Auflösen von Magnesium¹³⁶ selbst durch. Dabei ist darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler Schutzbrillen anziehen und verantwortungsbewusst mit der Schwefelsäure umgehen, vor allem, wenn diese erwärmt wird. Im Material sind in der Versuchsanweisung entsprechende Warnhinweise angeführt. Trotzdem ist natürlich die Lehrkraft aufgefordert, einen unsachgemäßen Umgang mit der Säure zu unterbinden. Anzumerken ist noch, dass die verwendeten Mengen minimiert werden können, wenn das Magnesiumband zu kleinen Paketen zusammengefaltet wird und die Reaktion mit der Säure dann in einem Reagenzglas durchgeführt wird. Für das Erwärmen der Schwefelsäure ist ein Wasserbad, das mit Hilfe eines Wasserkochers befüllt wird, ausreichend. Auf diese Weise wird die Verwendung von Heizplatten und Gasbrennern vermieden, mit denen die Schülerinnen und Schüler versehentlich wesentlich höhere Temperaturen erzeugen und die Schwefelsäure zum Überkochen bringen könnten. Verringert man auf diese Weise das Unfallrisiko, ist auch dieser Versuch für Schülerinnen und Schüler im Anfangsunterricht geeignet. Auch auf der fachlichen Ebene ist der Versuch unproblematisch. Dass Säuren andere Stoffe angreifen, ist den Schülerinnen und Schülern eventuell aus dem Alltag, z.B. vom Gebrauch von

¹³⁴ Siehe Anhang A2, S. 18.

¹³⁵ Siehe Anhang A2, S. 21.

¹³⁶ Siehe A. Geuther et al.: Übungen zur Didaktik I, S. 66.

Reinigungsmitteln, bekannt. Auch wenn dies nicht der Fall ist, ist das Auflösen direkt beobachtbar. Da auch bei diesem Versuch die Variablenkontrolle im Vordergrund steht, wird die Reaktion des Magnesiums mit der Schwefelsäure nicht weiter thematisiert, so dass die Schülerinnen und Schüler kein Vorwissen im Bezug auf Reaktionsgleichungen, Metalle und Säuren benötigen. Fortgeschrittene Schülerinnen und Schüler, die bereits über einige Erfahrungen im Bezug auf chemische Reaktionen verfügen¹³⁷, werden durch das Versuchsergebnis eventuell überrascht, da die Tatsache, dass eine Reaktion bei höherer Temperatur langsamer und weniger heftig abläuft, ihren sonstigen Erfahrungen mit chemischen Reaktionen, bei denen höhere Temperaturen meist stärkere Reaktionen hervorrufen, widerspricht. Dies kann einerseits für Verwirrung sorgen und Zweifel am Messergebnis aufkommen lassen (die aber aufgrund des deutlichen Unterschieds in den gemessenen Zeiten bei einer Versuchswiederholung ausgeräumt werden können) und andererseits motivierend wirken, da gerade besonders kompetente Schülerinnen und Schüler auf diese Weise nicht stets erfahren, dass sie das Ergebnis schon vorhergesagt haben und damit der Versuch in ihren Augen eigentlich überflüssig ist. Ein derart überraschendes Ergebnis regt interessierte Schülerinnen und Schüler zur Weiterbeschäftigung mit den Inhalten an.

Nachdem die Schülerinnen und Schüler den Versuch unkonfundiert durchgeführt und ihr Ergebnis notiert haben, werden sie abschließend, ähnlich wie in der Aufgabenserie zur Mechanik, mit einer abgewandelten Fragestellung konfrontiert¹³⁸. Für diese sollen sie noch einmal die Variablen finden und dabei die Umwandlung von Kontroll- in Testvariable und umgekehrt üben.

¹³⁷ Dies betrifft natürlich nicht den Einsatz im Anfangsunterricht, sondern nur den Einsatz in höheren Klassen.

¹³⁸ Siehe Anhang A2, S. 25.

4.5.3 Variablenkontrolle anhand der Stoffgruppe der Salze

Die dritte Aufgabenserie lässt sich thematisch in den Chemieunterricht am Ende der achten Klasse¹³⁹ einordnen, in dem die Stoffgruppe der Salze behandelt wird.¹⁴⁰ Alternativ kann sie auch in der neunten Klasse eingesetzt werden, wenn die Salzbildung im Rahmen der Säuren und Laugen wieder aufgegriffen wird.¹⁴¹

Die Aufgabenserie beginnt, nach der zu den anderen Serien identischen Einleitung, mit einem Versuch zum Auflösen von Marmor in Salzsäure. Dazu wird zunächst erklärt, dass Marmor zu einem großen Teil aus Carbonaten besteht, die sich in Salzsäure auflösen. Die an die Schülerinnen und Schüler gerichtete Forschungsfrage will nun klären, ob die Konzentration der verwendeten Salzsäure beeinflusst, wie schnell sich das Carbonat im Marmor auflöst.¹⁴² Hier wird deutlich, dass die Schülerinnen und Schüler bereits den Begriff der Konzentration kennen müssen, was im Anfangsunterricht natürlich noch nicht der Fall ist. Da die Schülerinnen und Schüler (im Gegensatz zu jüngeren Schülerinnen und Schülern im Anfangsunterricht) bereits mit Vorhersagen zu Versuchen vertraut sind, werden sie gefragt, welche drei möglichen Ergebnisse eintreffen können, wenn die Auflösezeiten des Marmors in zwei unterschiedlich konzentrierten Salzsäuren miteinander verglichen werden. Ihre Vermutungen können sie auf der nächsten Seite überprüfen, bevor sie den Versuch selbst durchführen, indem sie zwei gleich schwere Marmorstücke in unterschiedlich stark konzentrierter Salzsäure auflösen.¹⁴³

Der Versuch an sich erscheint nicht komplizierter als der Versuch zum Auflösen von Magnesium in Schwefelsäure, er unterscheidet sich von diesem aber in zwei Punkten deutlich. Zum einen dauert das Auflösen des Carbonats im Marmor wesentlich länger als beim Magnesium. Die Schülerinnen und Schüler müssen also ein gewisses Maß an Geduld aufbringen, um den richtigen Moment zum Beenden der Zeitmessung nicht zu verpassen. Wie lange das Auflösen dauert, ist dabei stark von der Masse der Marmorstücke abhängig.

¹³⁹ Nach G8, die Schülerinnen und Schüler haben zu diesem Zeitpunkt somit seit ungefähr anderthalb Jahren Chemieunterricht.

¹⁴⁰ Siehe Hessisches Kultusministerium: Lehrplan Chemie – Gymnasialer Bildungsgang, S. 21.

¹⁴¹ Siehe Hessisches Kultusministerium: Lehrplan Chemie – Gymnasialer Bildungsgang, S. 25.

¹⁴² Siehe Anhang A3, S. 2.

¹⁴³ Siehe Anhang A3, S. 4.

Zum anderen löst sich das Marmorstück niemals vollständig in der Säure auf, weil es nicht vollständig aus Carbonat besteht. Es bleibt immer ein kleineres Stück zurück, welches aus unlöslichen Bestandteilen besteht. Daher wird auch in der Versuchsanleitung nicht vom aufgelösten Marmorstück, sondern vom Ende der Reaktion gesprochen. Während zu Beginn der Reaktion eine heftige Gasentwicklung und Trübung der Säure zu beobachten ist, wird die Säure nach dem Ende der Reaktion wieder klar, so dass das Ende der Reaktion trennscharf zu beobachten ist. Wenn die verwendeten Salzsäuren ausreichend in ihrer Konzentration variiert werden, beispielsweise durch die Verwendung 1-molarer und 0,5-molarer Salzsäure, dann unterscheiden sich die gestoppten Zeiten für beide Konzentrationen so deutlich, dass die Schülerinnen und Schüler selbst dann noch richtige Ergebnisse erhalten, wenn sie das Ende einer Reaktion um zehn Sekunden verpassen. Ist der Versuch durchgeführt und sind die Ergebnisse festgehalten, folgt analog zu den anderen Aufgabenserien die Erklärung der drei Variablen.¹⁴⁴

Der zweite Versuch der Aufgabenserie lässt die Schülerinnen und Schüler die Frage untersuchen, wie viel Kaliumnitrat sich in unterschiedlich warmem Wasser lösen lässt.¹⁴⁵ Zur Identifikation der unterschiedlichen Variablen wird den Schülerinnen und Schülern zunächst der Versuchsablauf skizziert.¹⁴⁶ Zudem werden sie aufgefordert, für die Kontrollvariablen Möglichkeiten zur Kontrolle zu notieren. Es folgt wieder eine Übersicht, anhand derer die Zuordnungen überprüft werden können, bevor sie den Versuch durchführen. Bei der Durchführung des Versuchs sind prinzipiell zwei Vorgehensweisen möglich. Entweder wird nach und nach so lange immer mehr Kaliumnitrat in eine definierte Menge Wasser gegeben, bis sich kein weiteres mehr im Wasser löst und ein Bodensatz entsteht oder es wird solange Wasser zu einer definierten Menge Kaliumnitrat gegeben, bis das Salz vollständig gelöst ist. In beiden Fällen muss die Zugabe zu der definierten Menge in kleinen Schritten erfolgen, damit ein möglichst genaues Ergebnis erreicht wird. Da dies im Fall des Kaliumnitrats mit ständigem, zeitraubendem Abwiegen der Nitratmengen verbunden ist, während man im Fall der Wasserzugabe sehr einfach mit einem Messzylinder arbeiten kann, fiel die Wahl während der Entwicklung der

¹⁴⁴ Siehe Anhang A3, S. 6-13.

¹⁴⁵ Siehe A. Geuther et al.: Übungen zur Didaktik II, S. 48.

¹⁴⁶ Siehe Anhang A3, S. 14.

Aufgabenserie auf die zweite Vorgehensweise. Eine weitere Reduzierung des Geräteaufwandes stellt die Verwendung eines Wasserkochers zum Erwärmen des Wassers dar. Dieser ist ausreichend, da die Temperatur des warmen Wassers keinen bestimmten Wert haben muss. Sie sollte allerdings auf jeden Fall mindestens 50°C betragen, damit im Vergleich zur Zimmertemperatur der ersten Messung ein deutlicher Temperaturunterschied herrscht. Nur so ist sichergestellt, dass Ungenauigkeiten beim Abmessen der Wassermenge das Ergebnis nur schwach beeinflussen können. Der Wasserkocher kann zentral in der Klasse platziert werden, so dass nicht jede Gruppe einen eigenen benötigt. Nach der Ergebnissicherung folgt der abschließende Versuch.

Genau wie in den beiden anderen Aufgabenserien wird den Schülerinnen und Schülern auch hier ein konfundiertes Experiment vorgestellt. Als Kontext dient hier die Tragfähigkeit des Toten Meeres. In einem Modellexperiment wird mit Hilfe einer schwimmenden Flasche überprüft, ob die im Wasser gelöste Salzmenge einen Einfluss darauf hat, ob die Flasche schwimmt. Analog zu den anderen Aufgabenserien sollen die Schülerinnen und Schüler zunächst wieder die unterschiedlichen Variablen identifizieren. In dem Versuchsablauf, der ihnen danach vorgestellt wird, wurde sowohl die Salzmenge als auch die Masse der Flasche variiert, so dass eine Konfundierung vorliegt.¹⁴⁷ Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, die Gültigkeit der aus dem Experiment gezogenen Schlussfolgerung zu beurteilen und anschließend einen Vorschlag zu machen, wie das Experiment durchzuführen ist, damit die Konfundierung unterbleibt. Danach führen sie das Experiment durch. Dies sollte auf fachlicher Ebene keine Probleme bereiten, da in der achten Klasse in Physik parallel der Auftrieb thematisiert wird.¹⁴⁸ Der Versuch erfordert allerdings in der Vorbereitung einen gewissen Aufwand, da pro Gruppe je eine Flasche derartig mit Sand befüllt werden muss, dass sie im salzfreien Wasser gerade sinkt und im Salzwasser schwimmt. Im Anschluss an das Experiment werden die Schülerinnen und Schüler auch in dieser Aufgabenserie mit einer Variation des soeben durchgeführten Experiments konfrontiert¹⁴⁹, für die sie wiederum die Variablen notieren sollen, um den Rollentausch zwischen einzelnen Variablen zu üben.

¹⁴⁷ Siehe Anhang A3, S. 21.

¹⁴⁸ Siehe Hessisches Kultusministerium: Lehrplan Physik – Gymnasialer Bildungsgang, S. 15.

¹⁴⁹ Siehe Anhang A1, S. 24.

5 Fragestellungen der Arbeit

Die Fragestellungen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, lassen sich in zwei Bereiche einteilen. Die ersten beiden Fragen beschäftigen sich mit der Wirksamkeit der erstellten Aufgabenserien, also mit den Lernergebnissen, die durch die Aufgabenserien entstehen. Die Fragen drei und vier hingegen legen den Fokus auf den Ablauf der Bearbeitung durch die Schülerinnen und Schüler.

Das Hauptziel der erstellten Aufgabenserien ist, dass die Schülerinnen und Schüler bei ihrer Bearbeitung einen Lernzuwachs bezüglich der drei Kompetenzziele aus Kapitel 3.2 (S. 15) erreichen. Die primäre Fragestellung lautet daher:

1. Erreichen die Schülerinnen und Schüler durch die Bearbeitung der Aufgabenserie die in Kapitel 3.2 formulierten Kompetenzziele?

Da nicht nur eine, sondern zwei Aufgabenserie erprobt wurden, bietet sich ein Vergleich der beiden Serien an. Dabei wird verglichen, bei welcher der beiden der Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler größer ist. Die beiden erprobten Serien beinhalten nur Versuche entweder aus der Physik oder aus der Chemie, so dass sich der Einfluss der Naturwissenschaft auf das Erlernen der Variablenkontrolle untersuchen lässt. Daher lautet die zweite Frage:

2. Lässt sich ein Unterschied im Erreichen der in 3.2 formulierten Kompetenzziele zwischen den chemischen und physikalischen Experimenten feststellen?

Die Fragestellungen 1 und 2 werden mit Hilfe einer Vor- und Nachbefragung untersucht (siehe Kapitel 6.2).

Neben diesen beiden Fragen bezüglich der Wirksamkeit der Aufgabenserien, gibt es noch zwei weitere, den *Arbeitsablauf* betreffende Fragestellungen. So ist es zum einen wichtig zu erfahren, ob die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, die Aufgabenserien eigenständig zu bearbeiten oder ob sie häufig Fragen haben und Hilfestellungen benötigen. Letzteres würde bedeuten, dass

entweder die Arbeitsanweisungen undeutlich oder zu schwierig sind. Die dritte Frage lautet somit:

3. Können die Schülerinnen und Schüler die Aufgabenserien eigenständig bearbeiten?

Zum anderen ist interessant, wie lange die Schülerinnen und Schüler für die Bearbeitung brauchen, ob also die im Vorfeld veranschlagten sechzig Minuten ausreichend sind. Die vierte Frage lautet demnach:

4. Wie viel Zeit benötigen die Schülerinnen und Schüler für die Bearbeitung?

Zusätzlich kann noch untersucht werden, ob sich die beiden Bereiche (also Frage 1 und 2 sowie Frage 3 und 4) gegenseitig beeinflussen. Die fünfte Frage lautet daher:

5. Lässt sich ein Zusammenhang zwischen dem Ablauf der Bearbeitung und den erreichten Lernergebnissen feststellen?

6 Erprobung der Aufgabenserien

Erstelltes Unterrichtsmaterial zeigt seine Anwendbarkeit erst im Schulalltag. Daher wurde das im Rahmen dieser Arbeit erstellte Material einem Praxistest in einer Schulklasse unterzogen. Um detaillierte Aussagen bezüglich der Anwendbarkeit und Wirksamkeit des Materials machen zu können, wurde von den Schülerinnen und Schülern zusätzlich zur Bearbeitung der Aufgabenserien ein Pre- und ein Posttest ausgefüllt, der ihr Wissen bezüglich der Variablenkontrolle vor und nach dem Bearbeiten der Aufgabenserie abbildet.

6.1 Beschreibung der Testgruppe und Vorbereitung der Erprobung

Das erstellte Material wurde an 24 Schülerinnen und Schülern einer neunten Klasse der Gesamtschule Gießen-Ost (GGO) erprobt. Als integrierte Gesamtschule mit einem neunjährigen Gymnasium haben die Schülerinnen und Schüler der GGO zum Zeitpunkt der Erprobung¹⁵⁰ mehr als zwei Jahre Physik- und über ein Jahr Chemieunterricht erhalten. Zudem ist mit starken Leistungsschwankungen im Bezug auf das bearbeitete Material zu rechnen, da es sich um eine Gesamtschulklasse handelt, in der sowohl zukünftige Abiturientinnen und Abiturienten als auch Schülerinnen und Schüler, die einen Hauptschulabschluss anstreben, zusammen lernen.

Aus in erster Linie logistischen Gründen – der Bereitstellung eines Klassensatzes der benötigten Materialien und deren Transport von der Universität zur Schule – wurden nur zwei der drei Aufgabenserien erprobt. Damit die Ergebnisse der beiden Aufgabenserien vergleichbar sind, waren zwei Aufgabenserien ähnlichen Anspruchs zu testen. Dies führte zum Ausschluss der Aufgabenserie zum chemischen Anfangsunterricht. Zudem befinden sich Schülerinnen und Schüler der neunten Klasse auch nicht mehr im Anfangsunterricht, den diese Aufgabenserie zugrunde legt. Daher wurden die Serie zur Mechanik und die zu den Salzen erprobt und miteinander verglichen.

¹⁵⁰ Die Erprobung fand am 07.09.2011, dem letzten Freitag vor den Herbstferien, in den ersten beiden Schulstunden statt.

Neben einem vergleichbaren Niveau ist auch der Unterschied zwischen physikalischen und chemischen Inhalten interessant (siehe Kapitel 5, Fragestellung 2 auf Seite 45). Damit überprüfbar ist, ob eine der beiden Naturwissenschaften den Schülerinnen und Schülern das Erlernen der Variablenkontrolle erleichtert, dürfen in beiden Serien nur Inhalte je eines der beiden Fächer bearbeitet werden. Die Aufgabenserie zu den Salzen beinhaltet als dritten Versuch ein Experiment zum Schwimmen und Sinken, welches eindeutig der Physik zugeordnet werden kann. Daher wurde für die Erprobung dieses Experiment gegen das letzte der Aufgabenserie zum chemischen Anfangsunterricht – den Versuch zum Auflösen von Magnesiumband in Schwefelsäure – ausgetauscht. Auf diese Weise lassen die Ergebnisse Rückschlüsse darauf zu, ob die Schülerinnen und Schüler den Prozess der Variablenkontrolle leichter anhand physikalischer als anhand chemischer Experimente erlernen oder umgekehrt. Der Austausch des Versuchs ist als unproblematisch einzustufen, da sich der eingefügte Versuch aufgrund seiner Ähnlichkeit zum ersten Versuch – dem Versuch zum Auflösen von Marmor – gut in die Aufgabenserie einfügt.

Da die Gruppe aus 24 Schülerinnen und Schülern bestand und Zweiergruppen gebildet wurden, wurde jede der beiden Aufgabenserien sechs Mal bearbeitet.

Um die Durchführung der Erprobung zu vereinfachen, wurden im Vorfeld einige Vorbereitungen getroffen, die bei einem Einsatz der Aufgabenserien im Schulalltag vermutlich nicht getroffen würden. Zum einen wurden für alle Versuche die notwendigen Wägearbeiten bereits getätigt und die jeweiligen Mengen an Chemikalien in Schnappdeckelgläsern gefüllt. Auf diese Weise waren den Schülerinnen und Schülern keine Waagen zur Verfügung zu stellen und von der Universität zur Schule zu transportieren. Zum anderen wurden die Säuren für jede Gruppe in einzelne Flaschen abgefüllt, so dass keine Wartezeiten entstanden, wenn viele Gruppen gleichzeitig Säure benötigten. In der Doppelstunde waren neben den Aufgabenserien nämlich auch noch Pre- und Posttest zu bearbeiten. Zusätzlich wurde die doppelte Anzahl Aufgabenserien bereitgehalten, damit, wie in Kapitel 4.5 (S. 30) vorgeschlagen, schnell arbeitende Gruppen die jeweils andere Serie bearbeiten können. Im Schulalltag würde man vermutlich keine weitere Aufgabenserie,

sondern andere Übungsaufgaben, die zum aktuellen Thema passen, verwenden, da die Zeit für eine zweite Aufgabenserie nicht ausreichend ist.

6.2 Entwicklung des Pre- und Posttests

Die ersten beiden in Kapitel 5 gestellten Fragen (S. 45) bezüglich der Lernergebnisse sind stark vom Vorwissen der Schülerinnen und Schüler abhängig. Daher wurden ein Pre- und ein Posttest entworfen. Mit dem Pretest¹⁵¹, der vor dem Bearbeiten der Aufgabenserie ausgefüllt wird, wird das Ausgangsniveau der Schülerinnen und Schüler bezüglich der Variablenkontrolle ermittelt. Der Posttest¹⁵² wird nach der Bearbeitung des Materials ausgefüllt und soll dann im Vergleich mit dem Pretest aufzeigen, ob ein Lernzuwachs stattgefunden hat.

Beide Tests bestehen aus je fünf Fragen. Dabei sind die Fragen im Pre- und Posttest niemals vollständig identisch (auch wenn sich die Aufgaben 1 und 4 jeweils sehr ähnlich sind), um zu vermeiden, dass die Schülerinnen und Schüler im Posttest einfach die Antwort ankreuzen, die sie auch im Pretest angekreuzt haben. Das Niveau der Fragen im Pre- und Posttest unterscheidet sich kaum, so dass die Vergleichbarkeit gewahrt ist.

Bei der ersten Frage müssen die Schülerinnen und Schüler die Begriffe Testvariable, abhängige Variable und Kontrollvariable ihren jeweiligen Definitionen zuordnen.¹⁵³ Damit wird überprüft, ob sie die Fachbegriffe bereits kennen, sie erst durch das Material kennen lernen oder aber durch das Material überhaupt nicht lernen.

Die nächsten beiden Fragen stellen den Schülerinnen und Schülern jeweils eine These vor, zu der sie aus vier möglichen Versuchsanordnungen immer diejenige identifizieren sollen, mit der sie die These überprüfen können.¹⁵⁴ Die dargestellten Versuche besitzen immer eine Test- und eine Kontrollvariable. Neben der richtigen Lösung sind immer je zwei konfundierte Anordnungen und die Testwiederholung dargestellt. Zudem ist bei der jeweils ersten Frage

¹⁵¹ Siehe Anhang A4.

¹⁵² Siehe Anhang A5.

¹⁵³ Siehe Anhang A4, Aufgabe 1 und Anhang A5, Aufgabe 1.

¹⁵⁴ Siehe Anhang A4, Aufgabe 2 und 3 und Anhang A5, Aufgabe 2 und 3.

ein Hinweis gegeben, wie die These überprüft werden kann, während ein derartiger Hinweis bei der nächsten Frage fehlt. Diese vier Fragen¹⁵⁵ entstammen einer Dissertation, die mit Hilfe von Fragebögen die Kompetenzen im Bereich experimenteller Erkenntnisgewinnung von Schülerinnen und Schülern der fünften Klasse von Hauptschulen untersucht.¹⁵⁶

In der vierten Frage wird überprüft, ob die Schülerinnen und Schüler aus mehreren Variablen eines Experiments alle Kontrollvariablen herausfinden können.¹⁵⁷

Die jeweils fünfte und letzte Frage¹⁵⁸ entstammt jeweils TIMSS¹⁵⁹ und überprüft, ob die Schülerinnen und Schüler auch bei komplexeren Versuchen mit mehreren Kontrollvariablen in der Lage sind, aus mehreren Möglichkeiten ein unkonfundiertes Experiment zu identifizieren.

¹⁵⁵ Siehe Anhang A4, Aufgabe 2 und 3 und Anhang A5, Aufgabe 2 und 3.

¹⁵⁶ Siehe S. Mannel: Assessing scientific inquiry.

¹⁵⁷ Siehe Anhang A4, Aufgabe 4 und Anhang A5, Aufgabe 4.

¹⁵⁸ Siehe Anhang A4, Aufgabe 5 und Anhang A5, Aufgabe 5.

¹⁵⁹ Siehe J. Baumert et al.: Testaufgaben Naturwissenschaften – TIMSS 7./8. Klasse, S. 54-55.

7 Auswertung und Konsequenzen der Erprobung

Zur Auswertung der Erprobung werden drei unterschiedliche Datenquellen herangezogen. Zunächst sind dies der Pre- und der Posttest, die von den Schülerinnen und Schülern ausgefüllt wurden. Diese wurden quantitativ ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind bei einem Probenumfang von je vierundzwanzig Tests natürlich nur begrenzt aussagekräftig. Einige der Unterschiede zwischen Pre- und Posttest sind aber so deutlich ausgeprägt, dass zufallsbedingte Schwankungen als Verursacher unwahrscheinlich erscheinen.

Die zweite Datenquelle sind die von den Schülerinnen und Schülern schriftlich beantworteten Fragen in den Aufgabenserien. Bereits eine qualitative Auswertung zeigt deutliche Tendenzen bezüglich der Bearbeitung des Materials durch die Schülerinnen und Schüler auf. Auf eine quantitative Auswertung wurde verzichtet, da die Antworten der Schülerinnen und Schüler sehr vielschichtig sind und bei sechs Gruppen pro Serie die Datenlage zu gering ist, um verlässliche Aussagen treffen zu können. Eine Quantifizierung (z.B. durch Prozentangaben) bei einer derart unrepräsentativen Datenlage würde vermutlich eher zu Verschleierungen führen als zu einer gelungenen Auswertung beitragen.

Die dritte Datenquelle sind die Beobachtungen, die während der Erprobung gemacht wurden. Diese Beobachtungen sind qualitativer Natur und bestehen einerseits aus einem Gesamteindruck bezüglich der Situation in der gesamten Klasse sowie des zeitlichen Ablaufs der Erprobung und andererseits aus beobachteten Reaktionen einzelner Schülerinnen und Schüler.

Im Folgenden werden nun die Ergebnisse nacheinander dargestellt.

7.1 Quantitative Auswertung der Pre- und Posttests

Der Pre- und der Posttest (siehe Anlage A4 und A5) wurden ausgewertet, indem jede vollständig richtig beantwortete Frage mit einem Punkt und jede falsch beantwortete Frage mit null Punkten bewertet wurden. Bei fünf Aufgaben je Test konnten in beiden Tests also jeweils maximal fünf Punkte erreicht werden. Bildet man die Summe der erreichten Punkte aller

vierundzwanzig Pretests und vergleicht diese mit den insgesamt erreichten Punkten in den Posttests, erhält man das in Abb. 2 grafisch dargestellte Ergebnis:

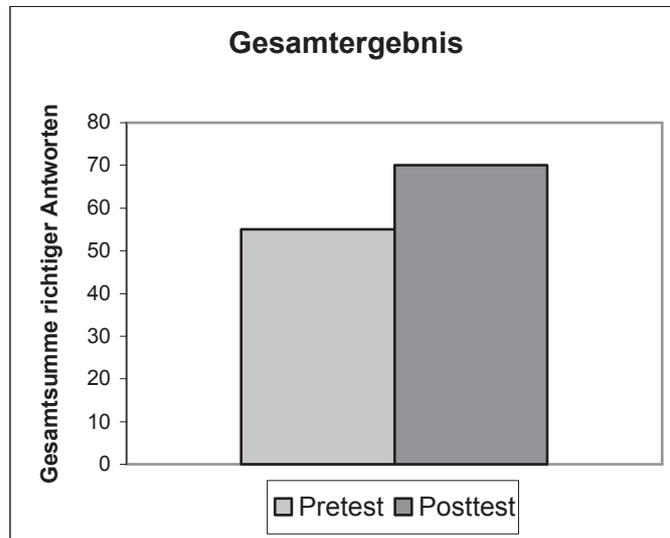


Abb. 2: Summe aller erreichten Punkte im Pre- und Posttest.
Maximal erreichbar waren 130 Punkte.

Während die Schülerinnen und Schüler im Pretest zusammen 55 von 130 möglichen Punkten erreicht haben, erreichten sie nach der Bearbeitung des Materials im Posttest 70 Punkte. Dies entspricht einer Steigerung von mehr als 25%, beziehungsweise einer Steigerung von durchschnittlich 2,3 richtig beantworteten Fragen im Pretest auf 2,9 im Posttest. Diese Werte erscheinen zunächst nicht sonderlich hoch. Es ist die Frage zu stellen, ob der Anstieg nur von wenigen Ausreißern verursacht wurde, während die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler keine Verbesserung erreicht hat und nur zufällig verteilte Ergebnisse erreicht hat. Unter diesen Umständen hätte die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler keinen Lernfortschritt gemacht. Betrachtet man jedoch die Ergebnisse der einzelnen Schülerinnen und Schüler, so zeigt ein Vergleich der Einzelergebnisse zwischen Pre- und Posttest (siehe Abb. 3 auf Seite 52), dass sich mit fünfzehn Schülerinnen und Schülern mehr als die Hälfte verbessert hat, während nur bei zweien eine Verschlechterung eingetreten ist, die, ebenso wie einige der Verbesserungen, vermutlich zufälligen Schwankungen zuzuschreiben ist.

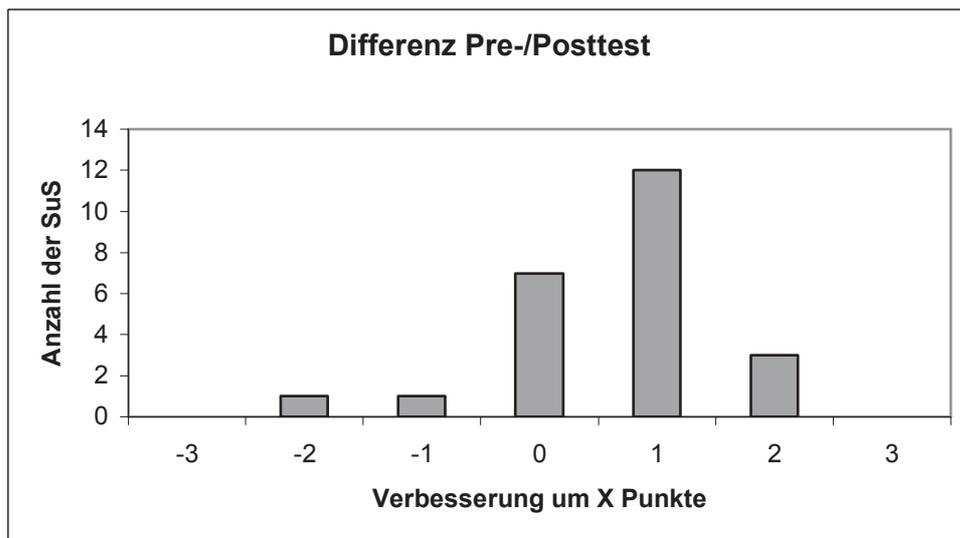


Abb. 3: Differenz der Einzelergebnisse zwischen Pre- und Posttest. Auf der Abszisse aufgetragen ist der Unterschied der erreichten Punkte im Pre- und Posttest, auf der Ordinate die Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die diese Differenz aufweisen.

Wenn die Schülerinnen und Schüler sich zwischen Pre- und Posttest nicht verbessert hätten (und nur zufällige Schwankungen in beide Richtungen aufgetreten wären), wäre hier eine symmetrische Verteilung zu beobachten, deren Mittelwert bei einer Verbesserung um 0 Punkte liegt. Das Ergebnis ist aber nach rechts verschoben, so dass für die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler ein zumindest kleiner Lerneffekt festzustellen ist. Auch festzuhalten ist jedoch, dass niemand der 24 Schülerinnen und Schüler alle fünf Fragen des Tests richtig beantwortet hat. Dies ist ein Indiz dafür, dass der Lernzuwachs nicht sehr hoch ist. Das war aber nach dem einmaligen Beschäftigen mit der Materie auch nicht zwingend zu erwarten. Eine alternative Erklärung für diesen Umstand bietet die Grafik auf der nächsten Seite.

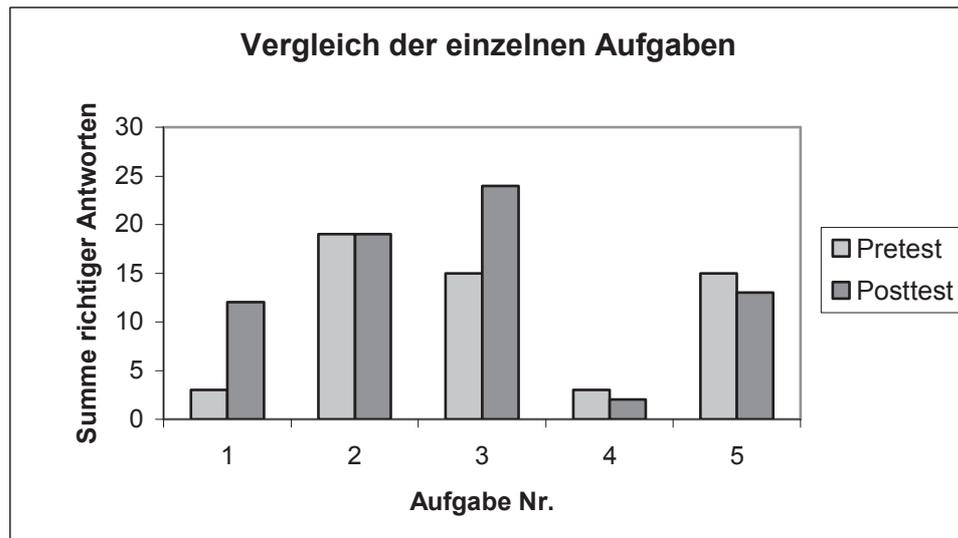


Abb. 4: Aufschlüsselung der Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler nach den einzelnen Aufgaben.

Abbildung 4 zeigt die Anzahl der richtigen Lösungen für jede der fünf Aufgaben. Hier wird deutlich, dass Aufgabe vier¹⁶⁰ (Erkennen von Kontrollvariablen) kaum richtig beantwortet wurde und so nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler das dritte Lernziel aus Kapitel 3.2, welches das Konstanthalten der Kontrollvariablen zum Ziel hat, erreicht hat. Es ist aber auch möglich, dass diese Aufgabe zu schwer für Schülerinnen und Schüler ist, die das Prinzip der Variablenkontrolle gerade erst kennen gelernt haben. Es ist aus der Fragestellung heraus zu erkennen, dass nach den Kontrollvariablen gefragt ist und diese sind dann korrekt zu identifizieren. Eine direktere Fragestellung, die konkret nach den Kontrollvariablen fragt, hätte vermutlich eher dem Niveau der Schülerinnen und Schüler entsprochen und bessere Ergebnisse erzielt. Auch die Aufgaben zwei¹⁶¹ und fünf¹⁶², die das Erkennen bzw. Bilden eines unkonfundierten Versuchs erfordern, zeigen kaum Unterschiede zwischen Pre- und Posttest, wenn auch auf einem wesentlich höheren Niveau. Beide Aufgaben zeigen, dass viele Schülerinnen und Schüler ein zumindest intuitives Verständnis für die Erkennung unkonfundierter Versuchsanordnungen haben. Allerdings zeigt sich an den Ergebnissen zu Aufgabe drei¹⁶³ (auch Erkennen

¹⁶⁰ Siehe Anhang A4, Aufgabe 4.

¹⁶¹ Siehe Anhang A4, Aufgabe 2 und Anhang A5, Aufgabe 2.

¹⁶² Siehe Anhang A4, Aufgabe 5 und Anhang A5, Aufgabe 5.

¹⁶³ Siehe Anhang A4, Aufgabe 3 und Anhang A5, Aufgabe 3.

von Unkonfundierung), die im Posttest von allen Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet wurde auch, dass einige von denjenigen, die Frage drei im Pretest noch falsch beantwortet hatten, nach der Bearbeitung des Materials die richtige Antwort identifizieren konnten.

Am stärksten ausgeprägt ist der Unterschied zwischen Pre- und Posttest bei Frage eins¹⁶⁴, die das Zuordnen von Definitionen zu den jeweiligen Variablen erforderte. Aus dem deutlichen Anstieg richtiger Antworten lässt sich feststellen, dass die Aufgabenserien auf jeden Fall im Bezug auf die grundlegenden Definitionen der Variablen lernwirksam sind. Wie lange dieser Lerneffekt jedoch anhält, bleibt unklar, da gerade Fachbegriffe – und nichts anderes sind die Definitionen aus Sicht der Schülerinnen und Schüler – genau wie Vokabeln einer Fremdsprache ohne ständige Anwendung bereits nach kurzer Zeit vermutlich nicht mehr erinnert werden. Um dem entgegen zu wirken, müssten die Schülerinnen und Schüler regelmäßig Variablenkontrolle an weiteren Beispielen üben.

Vergleicht man die Testergebnisse der einzelnen Gruppen mit den Antworten, die sie im Material gegeben haben, so lässt sich feststellen, dass gerade die Gruppen, deren Testergebnisse am schlechtesten sind, auch am meisten Fehler bei ihren Antworten aufweisen. Gruppen, die im Material gute Antworten geben, erreichen auch bessere Werte bei den Tests. Dies spricht einerseits für die Reliabilität des Tests und zeigt andererseits, dass schwächere Schülerinnen und Schüler mit geringem Vorwissen auch nach der Bearbeitung des Materials noch immer einen Wissensrückstand aufweisen.

Die erste Fragestellung aus dem fünften Kapitel bezüglich des Erreichens der Kompetenzen lässt sich also nur mit Einschränkungen bejahen. Die Schülerinnen und Schüler lernen bezüglich der Variablenkontrolle einiges dazu, vornehmlich die Fachbegriffe und den grundlegenden Prozess. Bei der Identifizierung der Variablen besteht aber bei einigen Schülerinnen und Schülern nach der Bearbeitung der Aufgabenserien zum Teil noch deutlicher Lern- und Übungsbedarf. Dieser ist durch zusätzliches Material und weitere Aufgaben, in denen die Lernenden den Prozess der Variablenkontrolle wieder entdecken können¹⁶⁵, abzudecken. Dies kann auf mehreren Wegen erreicht werden. Einerseits könnte das Material im Sinne der Ausführung aus Kapitel

¹⁶⁴ Siehe Anhang A4, S. 1.

¹⁶⁵ Vgl. C. v. Aufschnaiter, C. Rogge: Im Physikunterricht wird zu viel erklärt!, S. 57.

2.2 überarbeitet und durch weitere, neue Fragestellungen, anhand derer erneut die Variablen bestimmt werden müssen, ergänzt werden. Andererseits wäre auch eine Erweiterung der Aufgabenserien um einen passenden vierten Versuch möglich, damit diese Übungsaufgaben nicht rein theoretischer Natur bleiben. Die erfolgversprechendste Option ist aber die Bearbeitung weiterer Aufgabenserien in größeren Abständen. Da nach der Bearbeitung einer einzigen Serie nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Schülerinnen und Schüler den Prozess der Variablenkontrolle auch längere Zeit nach der Bearbeitung noch gut beherrschen¹⁶⁶, würde eine erneute Beschäftigung mit der Thematik in Form einer neuen Serie das Wissen wieder auffrischen und festigen. An dieser Stelle wäre dann eine Binnendifferenzierung möglich: Diejenigen, die bei der ersten Serie gute Ergebnisse erzielt haben, erhalten eine Aufgabenserie für Fortgeschrittene, während diejenigen, die mit der Variablenkontrolle noch Probleme haben, eine einfachere Serie bearbeiten. Auf diese Weise würde man allen Schülerinnen und Schülern entsprechend ihres Leistungsniveaus gerecht werden.

Als nächstes soll anhand der Testergebnisse die zweite Fragestellung untersucht werden, nämlich ob der fachliche Inhalt der Serien einen Einfluss auf die Testergebnisse hat. Vergleicht man die Ergebnisse der Pre- und Posttests beider Aufgabenserien, so ergibt sich das in Abbildung 5 auf Seite 55 dargestellte Bild.

¹⁶⁶ Vgl. C. v. Aufschnaiter: Zeit zum Denken, Zeit zum Lernen, S. 116.

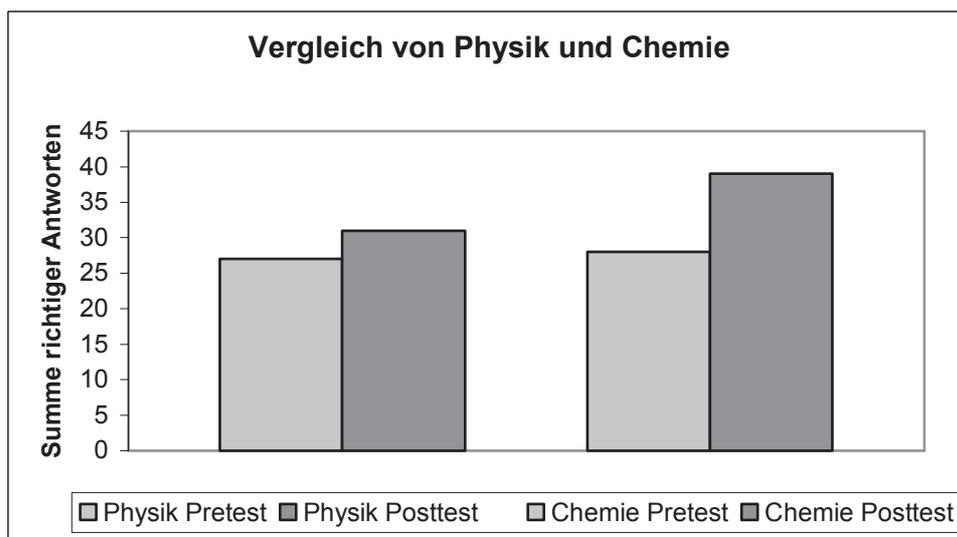


Abb. 5: Darstellung der Gesamtergebnisse der Pre- und Posttests sortiert nach den beiden Aufgabenserien. Links sind die Ergebnisse der Physikserie, rechts die der Chemieserie zu sehen. Hellgrau eingefärbt ist jeweils der Pretest, dunkelgrau der Posttest.

Während bei Gruppen, die die physikalische Aufgabenserie bearbeitet haben, kaum eine Verbesserung zu beobachten ist, ist der Unterschied bei der chemischen Serie weitaus deutlicher – der Zugewinn im Posttest umfasst mehr als ein Drittel der Punkte des Pretests. Aus diesem Ergebnis kann die These abgeleitet werden, dass mit Hilfe der chemischen Einheit das Erlernen der Variablenkontrolle leichter fällt als mit der physikalischen. Eine derartige These erscheint aber gewagt, da bei einer Stichprobe von nur sechs Gruppen pro Aufgabenserie nicht von einem verlässlichen Ergebnis ausgegangen werden kann. So ist weder gesichert, dass leistungsstärkere und –schwächere Schülerinnen und Schüler gleichmäßig auf die unterschiedlichen Serien verteilt waren, noch dass die persönlichen Einstellungen der Schülerinnen und Schüler zu den Fächern Physik und Chemie keinen Einfluss auf ihre Motivation bei der Bearbeitung hatten. Für ein verlässlicheres Ergebnis wären weitere Stichproben größeren Umfangs notwendig, bei denen auch Variablen, wie die Leistungsstärke, die Motivation und das Geschlecht der Schülerinnen und Schüler kontrolliert werden müssten. Hinzu kommt, dass die Aufgabenserien nicht vollständig identisch aufgebaut sind. Eventuell sind auch kleine Unterschiede für die unterschiedlichen Ergebnisse verantwortlich.

Die Antwort auf die zweite Fragestellung aus Kapitel 5 bezüglich des Vergleichs der beiden Fächer lautet somit, dass die Schülerinnen und Schüler

in der durchgeführten Erprobung den Prozess der Variablenkontrolle erfolgreicher anhand chemischer Experimente erlernt haben. Für eine statistisch verlässliche Aussage fehlen aber weitere Daten, so dass hier nur von einer Tendenz die Rede sein kann.

7.2 Qualitative Auswertung der bearbeiteten Serien

Beim Durchsehen der Mechanikserien fällt zunächst auf, dass zwei der sechs Gruppen bei den Versuchen kaum Messwerte notiert haben, während die anderen vier Gruppen sehr ausführliche Messungen durchgeführt haben. Die Auswirkungen dieser fehlenden Messwerte sind jedoch höchst unterschiedlich. Während von den beiden Gruppen mit wenigen Messwerten die eine nur hin und wieder Fragen ausgelassen und ansonsten alle Fragen richtig beantwortet hat, hat die andere nicht nur zu wenig Messwerte aufgenommen, sie hat auch völlig falsche Variablen identifiziert und daher falsche Messungen durchgeführt. Doch auch ausführliche Messungen führten nicht immer zu besseren Ergebnissen. Von den vier ausführlich messenden Gruppen hat nur eine immer die richtigen Schlüsse aus den Versuchen gezogen und alle Variablen richtig identifiziert. Diese Gruppe verwendet zudem als einzige überhaupt Fachbegriffe, wie z.B. den Begriff Schubkraft, in ihren Formulierungen. Zwei weitere Gruppen haben zwar weitgehend richtige Antworten gegeben, jedoch sind beide in siebzig Minuten nicht fertig geworden, eine der beiden Gruppen hat es sogar nicht einmal geschafft den dritten Versuch zu beginnen. Hier ist zu vermuten, dass zu viel Zeit für die ausführlichen Messungen aufgewendet wurde. Eventuell hätten hier Zwischenansagen, wie z.B. „Ihr solltet jetzt den zweiten Versuch erreicht haben.“ geholfen, den Schülerinnen und Schülern eine zeitliche Orientierung zu geben. Die letzte der vier ausführlich messenden Gruppen hat schließlich augenscheinlich bis zum Ende des Materials den Begriff der Testvariable nicht verstanden, da bei allen Versuchen auf der Kugelbahn der Startpunkt neben der jeweils richtigen Variable als Testvariable aufgeführt wurde. Dementsprechend wurden auch immer wieder Messwerte für unterschiedliche Startpunkte ermittelt, was dem Prinzip der Variablenkontrolle widerspricht. Folgerichtig wurden aus den konfundierten Messungen

fehlerhafte Schlussfolgerungen gezogen, so dass bei dieser Gruppe nicht davon ausgegangen werden kann, dass ihre Mitglieder das zweite Lernziel aus Kapitel 3.2 bezüglich der Testvariablen erreicht haben. Dies spiegelt sich auch in den Testergebnissen dieser Gruppe wieder. So haben beide Gruppenmitglieder im Posttest nur je eine der fünf Fragen richtig beantwortet.

Ein genereller Trend, der für alle sechs Mechanikgruppen gilt, ist, dass am Anfang der Aufgabenserie ausführlicher gemessen und formuliert wurde als zum Ende hin. Daraus könnte man ableiten, dass die Motivation im Laufe des Bearbeitens abgenommen hat.

Bei den sechs Gruppen, die die chemische Aufgabenserie bearbeitet haben, ist das auffälligste Merkmal, dass keine der sechs Gruppen fertig geworden ist. Allerdings ist nur eine der Gruppen nicht über den zweiten Teil hinaus gekommen, alle anderen befanden sich nach siebzig Minuten beim dritten Experiment. Somit wären diese Gruppen in Kürze zum Ende der Serie gelangt, so dass von einem realistischen Zeitbedarf von ungefähr achtzig Minuten auszugehen ist. Der im Vorhinein angedachte und in Kapitel 4.5 beschriebene Zeitrahmen von 60 Minuten wurde aber im Bezug auf die Chemieserie deutlich überschritten.

Weiterhin sehr auffällig bei den Chemiegruppen ist, dass wesentlich häufiger als bei den Mechanikgruppen die Antworten den Lösungen auf der jeweils nächsten Seite ähneln. Fünf der sechs Chemiegruppen haben regelmäßig Antworten gegeben, die denen aus der Lösung sehr ähneln oder sogar direkte Zitate darstellen. Ob dies rückwirkend geschah, also nachdem über die Lösung zunächst selbst nachgedacht wurde oder ob die Musterlösung direkt abgeschrieben wurde, ist nicht mehr nachvollziehbar.

Ähnlich wie in der Mechanikserie hat auch hier wieder eine Gruppe keine Messwerte notiert, ohne dass dies die Qualität ihrer Antworten negativ beeinflusst hat. Bei einer anderen Gruppe lässt sich hingegen ein Entwicklungsprozess beobachten. Während im ersten Versuch noch falsche Schlussfolgerungen gezogen wurden, sind die Antworten im dritten Teil, in dem es auch keine Lösung mehr gibt, alle richtig. Eine weitere Gruppe vertauschte noch im zweiten Teil Test- und abhängige Variable, im dritten jedoch nicht mehr. Diese Beispiele verdeutlichen, dass zumindest bei einigen Schülerinnen und Schülern von einem erfolgreichen Lernprozess ausgegangen

werden kann. Bei einer anderen Gruppe hingegen ist dies nicht der Fall, da diese auch im dritten Teil der Aufgabenserie noch falsche Antworten bezüglich der Variablen gegeben hat.

7.3 Beobachtungen während der Erprobung

Nach einer kurzen Ankommensphase und einer Einleitung erhielten die Schülerinnen und Schülern den Pretest. Für seine Bearbeitung benötigten sie 8 Minuten, so dass nach einer Viertelstunde mit der Bearbeitung der Aufgabenserien begonnen wurde. Während des Pretests fielen zwei Probleme auf Seiten der Schülerinnen und Schüler auf. Zum einen wusste eine der Schülerinnen nicht, wie sie mit Aufgabe zwei¹⁶⁷ umzugehen hatte, da sie nicht verstanden hatte, dass sie links ein Kreuz setzen muss, welches für eine vollständige Reihe und nicht nur einen der Kästen gilt. Zum anderen war ein Schüler verunsichert, weil er zu Aufgabe vier¹⁶⁸ meinte, in der Aufgabenstellung müsste stehen, dass das Gewicht der beiden Gegenstände gleich sein muss – dies ist nicht richtig, weil in einer der Antworten das Gewicht als Variable aufgeführt wird. Derartige Verständnisprobleme bezüglich des Aufbaus der Testaufgaben verfälschen unter Umständen das Ergebnis der Tests, da die Fragen aber nur Einzelfälle waren, ist nicht davon auszugehen, dass die Ergebnisse aus Kapitel 7.1 durch sie stark beeinflusst wurden.

Die Schülerinnen und Schüler begannen direkt nach dem Bearbeiten der Pretests mit den Aufgabenserien. Rückblickend wäre ein gemeinsamer Beginn sinnvoller gewesen, da so kurz auf den Umgang mit dem Material hätte eingegangen werden können, der einigen Schülerinnen und Schülern augenscheinlich nicht bewusst war. Dies zeigte sich beim Einsammeln des Materials. Bei einigen Gruppen waren die Karten durcheinander geraten. Bei einem Einsatz im Schulalltag sollte eine derartige Einführung auf jeden Fall erfolgen, wenn die Schülerinnen und Schüler vorher noch nicht mit Karteikarten gearbeitet haben. Auch ein Hinweis bezüglich der Sicherheitsvorschriften, vor allem der Schutzbrillen, hätte vor der Ausgabe des

¹⁶⁷ Siehe Anhang A4, Aufgabe 2.

¹⁶⁸ Siehe Anhang A4, Aufgabe 4.

Materials erfolgen sollen, weil trotz der Anweisungen im Material immer wieder Schülerinnen und Schüler ohne Schutzbrille experimentierten und darauf hingewiesen werden mussten. Durch klare Ansagen vorher kann der Unruhepegel während der Bearbeitungsphase vermindert werden. Auf diese Weise entsteht eine ruhigere Arbeitsatmosphäre.

Ebenfalls in Erwägung zu ziehen ist die Möglichkeit, die für die Experimente benötigten Utensilien und Chemikalien pro Gruppe in eine kleine Kiste zu packen, damit die Schülerinnen und Schüler sich das Material nicht vorne am Pult holen müssen, sondern hauptsächlich an ihrem Platz bleiben können. Dies erhöht natürlich den Arbeitsaufwand in der Vorbereitung. Auf diese Weise werden aber der Betrieb und damit einhergehend auch der Geräuschpegel innerhalb der Klasse verringert. Weiterhin entlastet dies die Lehrkraft, da sie weniger Fragen bezüglich des zu verwendenden Materials beantworten muss und somit mehr Zeit für Rückfragen, Erklärungen und eigene Beobachtungen hat.

Weiterhin zu beobachten war, dass mit fortschreitender Zeit einige der Gruppen nur noch mäßig engagiert experimentierten und Zeit mit abweichenden Gesprächen vergeudeten. Diese Beobachtung bestätigt die Vermutung eines Motivationsabfalls aus Kapitel 7.2. Derartige Effekte sind aber vermutlich vor allem bei an Naturwissenschaften wenig interessierten Schülerinnen und Schülern kaum zu vermeiden.

Neben diesen allgemeinen Beobachtungen gab es auch für die beiden Aufgabenserien spezifische Probleme. In der Mechanikserie hatten die Schülerinnen und Schüler zum Teil Probleme mit der Formulierung „Höhe der verformten Kugel“ in der Tabelle für die Messwerte des ersten Versuchs¹⁶⁹. Sie wussten nicht, was damit gemeint war. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die Formulierung auf eine ältere Version der vorherigen Seite¹⁷⁰ bezieht und eine Aktualisierung vergessen wurde. Ebenso war der einleitende Satz des dritten Teils der Mechanikserie¹⁷¹ grammatikalisch nicht korrekt. Dies sollte aber keine fundamentalen Probleme hervorgerufen haben.

¹⁶⁹ Siehe Anhang A1, S. 5. In der getesteten Version stand in der mittleren Spalte der Kopfzeile der Tabelle „Höhe der verformten Kugel“ statt „Durchmesser der verformten Kugel“.

¹⁷⁰ Siehe Anhang A1, S. 3.

¹⁷¹ Siehe Anhang A1, S. 23.

Das Hauptproblem in der Chemieserie bestand im Erkennen des Endes der Reaktion von Marmor mit Salzsäure. Im Material steht zwar¹⁷², dass die Zeitmessung zu stoppen ist, wenn die Reaktion deutlich schwächer wird. Es fehlt wohl jedoch ein Hinweis, dass sich der Marmor nicht vollständig auflöst. Genau darauf haben viele Schülerinnen und Schüler gewartet. Zudem war zu beobachten, dass einige Gruppen nicht zwei Einzelmessungen durchgeführt haben, sondern beide Reaktion zum gleichen Zeitpunkt ablaufen ließen und dann nur verglichen haben, welche der beiden schneller beendet ist. Es wäre somit auch denkbar, die Versuchsbeschreibung dementsprechend abzuändern, da diese Vorgehensweise den Schülerinnen und Schülern möglicherweise näher liegt und zudem weniger Zeit in Anspruch nimmt. Weitere häufig gestellte Fragen der Schülerinnen und Schüler betrafen die Entsorgung der verwendeten Chemikalien. Da die Entsorgungsfrage wie in Kapitel 4.5 beschrieben bewusst aus dem Material ausgeklammert wurde, ist dies jedoch nicht negativ zu bewerten.

Da ansonsten keine nennenswerten Schwierigkeiten zu beobachten waren, lässt sich zusammen mit den Ergebnissen aus der Materialanalyse in Kapitel 7.2 im Bezug auf die dritte Untersuchungsfrage aus Kapitel 5 festhalten, dass die Schülerinnen und Schüler das Material durchaus eigenständig bearbeiten können, wenn durch eine strukturierte Organisation, ausreichend zur Verfügung stehende Zeit und eine erklärende Einleitung durch die Lehrkraft ideale Bedingungen geschaffen werden.

Eine weitere, beide Aufgabenserien betreffende Beobachtung, die sich auch in den Antworten der Schülerinnen und Schüler im Material wieder finden ließ (siehe Kapitel 7.2), ist die Tatsache, dass die Schülerinnen und Schüler die Lösungen zu einer Frage auf den Folgekarten gesehen haben¹⁷³ und daher nicht mehr eigenständig nachdenken mussten. Diesem Umstand kann einerseits durch genauere Anweisungen im Vorfeld entgegengewirkt werden, indem zum Beispiel gesagt wird, dass erst weitergeblättert werden darf, wenn alle Fragen auf einer Karte beantwortet wurden. Zum anderen könnte man statt die Lösungen im Material zu verorten, an ihrer Stelle nur einen Verweis auf eine Lösungskarte, die am Pult einzusehen ist, platzieren. Auf diese Weise würden die Schülerinnen und Schüler dazu angehalten, die Lösung zunächst

¹⁷² Siehe Anhang A3, S. 4.

¹⁷³ Vgl. Anhang A3, S. 12 und 13.

eigenständig zu finden und nur dann, wenn sie diese nicht wissen oder sich innerhalb der Gruppe nicht auf eine Antwort einigen können, zum Lehrerpult gehen und nachschauen. Der Nachteil an dieser Umsetzung ist, dass vermutlich nicht alle Gruppen bei jeder Frage zum Pult gehen werden, um ihre Lösung zu überprüfen, so dass falsche Antworten vor allem bei selbstsicheren Gruppen unkorrigiert blieben.

Zeitlich gesehen war die Einschätzung für die Mechanikserie richtig, da die ersten Gruppen nach fünfzig Minuten fertig waren, während eine Gruppe auch nach siebzig Minuten noch nicht fertig war. Diese Beobachtung deckt sich mit der Analyse der Aufgabenserien in Kapitel 7.2. Es ist zu vermuten, dass die schnellen Gruppen gerade diejenigen sind, die nur wenige Messwerte aufgenommen haben. Dies kann im Nachhinein allerdings nicht mehr überprüft werden, da die Serien anonym abgegeben wurden.

Für die chemische Einheit hingegen war die Zeit von 70 Minuten in der Erprobung für alle Gruppen zu wenig. Dies lag erster Linie am ersten Versuch – das Auflösen des Marmors nahm zu viel Zeit in Anspruch. Diesem Umstand kann durch die Verwendung kleinerer Marmorstücke begegnet werden. Das Gewicht der Marmorstücke sollte ein Gramm nicht überschreiten, um angemessene Auflösezeiten zu garantieren. Eine Reduzierung der verwendeten Mengen kommt nicht nur den Forderungen zur Wirtschaftlichkeit und zum Umweltschutz nach, sondern verhindert auch unnötig lange Beobachtungszeiten und generiert so mehr echte Lernzeit. Auch die Verwendung stärker konzentrierter Salzsäuren ist denkbar, beispielsweise 1- und 2-molare, statt 1- und 0,5-molare Salzsäure. Doch auch mit diesen Anpassungen ist immer noch damit zu rechnen, dass langsame Gruppen eine volle Doppelstunde zum Bearbeiten der Aufgabenserie zu den Salzen benötigen. Für die Serie zum chemischen Anfangsunterricht gilt dies natürlich nicht, da sie den Versuch zum Auflösen von Marmor nicht beinhaltet. Die Versuche zur Vermischung von Alkohol und Wasser und zur Brenndauer einer Kerze benötigen wesentlich weniger Zeit.

Die Antwort auf die vierte Fragestellung aus Kapitel 5 lautet also, dass im Bezug auf die Mechanikserie die veranschlagte Zeit von sechzig Minuten für eine durchschnittliche Gruppe ausreichend ist, während im Fall der beiden chemischen Serien eher achtzig Minuten einzuplanen sind. Für die Bearbeitung

einer Aufgabenserie sollte also auf jeden Fall eine Doppelstunde eingeplant werden. Auf diese Weise wird garantiert, dass auch langsamer arbeitende Schülerinnen und Schüler die Serie vollständig bearbeiten können. Sinnvollerweise sollten dann aber auch zusätzliche Aufgaben bereitgehalten werden, damit auch die schnelleren nach der Bearbeitung der Serie noch etwas zu tun haben. Es bietet sich an, dass diese Aufgaben entweder weitere Übungen zur Variablenkontrolle sind oder die fachlichen Inhalte der Aufgabenserie aufgreifen und vertiefen.

Berücksichtigt man zusätzlich zu der Tatsache, dass die Chemiegruppen nicht fertig geworden sind, die Ergebnisse des Vergleichs zwischen Physik- und Chemiegruppen aus Kapitel 7.1, so lässt sich die fünfte Fragestellung aus Kapitel 5 nicht bejahen. Gerade die Gruppen, die bessere Ergebnisse bezüglich des Lernzuwachses aufweisen, sind diejenigen, deren Zeit bei der Bearbeitung nicht ausreichte. Auch bei der Mechanikserie haben die zwei Gruppen, die zeitlich nicht fertig geworden sind, keine Verschlechterung vom Pre- zum Posttest aufzuweisen.

8 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurden drei Aufgabenserien entwickelt, anhand derer Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I den Prozess der Variablenkontrolle erlernen sollen, um zu besseren Experimentatoren zu werden. Dies geschah im Hinblick auf die Forderungen der Kultusministerkonferenz in den Bildungsstandards zum wissenschaftlichen Arbeiten und die im Theorieteil beschriebenen Defizite und Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler bezüglich des Experimentierens.

Die Aufgabenserien wurden anhand von für diese Arbeit erstellten Kriterien entwickelt und anschließend in einer neunten Klasse der Gesamtschule Gießen-Ost erprobt. Die 24 Schülerinnen und Schüler bearbeiteten dabei in Zweiergruppen eine von zwei Aufgabenserien und in Einzelarbeit einen Pre- und einen Posttest. Sowohl die ausgefüllten Serien als auch die Tests wurden ausgewertet.

Die Auswertung der Ergebnisse in Verbindung mit den Beobachtungen während der Erprobung ergab, dass die Aufgabenserien grundsätzlich für einen Einsatz im Unterricht geeignet sind, wenn der Einsatz der Serie gut vorbereitet ist und die Schülerinnen und Schüler vorher eine kurze Einführung in den Umgang mit den Serien erhalten. Zudem wurden die Verbesserungsmöglichkeiten, die sich aus den Ergebnissen ergaben, dargestellt bzw. direkt in das Material eingearbeitet.

Die Auswertung ergab eine grundsätzliche Lernwirksamkeit der Serien, auch wenn der Lernzuwachs geringer als erhofft ausfiel. Ein einmaliger Einsatz einer Aufgabenserie ist somit nicht ausreichend, um den Schülerinnen und Schülern den Prozess der Variablenkontrolle beizubringen. Es sind weitere, im Idealfall regelmäßige Übungen notwendig

Weiterhin konnte die Tendenz festgestellt werden, dass eine chemische Aufgabenserie besser zum Erlernen der Variablenkontrolle geeignet ist als eine, die mit physikalischen Experimenten arbeitet. An dieser Stelle sind aber weitere Untersuchungen notwendig, um diese Tendenz zu bestätigen oder zu widerlegen.

Eine weitere interessante Fragestellung, welche die Beschäftigung mit der Variablenkontrolle aufgeworfen hat, ist, ob die Kontinuität von Variablen

einen Einfluss auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler hat. Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit lässt sich dies nicht beantworten. Auch hier wären weitere, größer angelegte Studien notwendig.

Insgesamt lässt sich abschließend sagen, dass die Aufgabenserien zwar eine in ihrer Erstellung aufwändige, in ihrer Wirksamkeit jedoch lohnende Methode darstellen, Schülerinnen und Schülern einen im Schulalltag häufig vernachlässigten Aspekt der Naturwissenschaften näher zu bringen. Die Beschäftigung mit den Arbeitsweisen der Naturwissenschaften birgt das große Potential, Schülerinnen und Schüler zu mündigen Bürgern zu erziehen, die von Politik und Medien präsentierte Forschungsergebnisse und die Meinungen von so genannten Experten kritisch hinterfragen und diskutieren. Dazu liefert das im Rahmen dieser Arbeit erstellte Material einen Beitrag.

9 Literaturverzeichnis

P. Adey, M. Shayer, C. Yates: Thinking Science – Third Edition, Nelson Thornes, Cheltenham, 2001.

G. Arneth, H. J. Bezler, W. Domke et al.: Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht. Empfehlung der Kultusministerkonferenz, Ritterbach Verlag, Rechen, 2003.

C. v. Aufschnaiter, T. Riemeier: Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht, in: Lernchancen, Friedrich Verlag, Seelze, 2005, Nr. 47, S. 6-10.

C. v. Aufschnaiter, C. Rogge: Im Physikunterricht wird zu viel erklärt!, in: Lernchancen, Friedrich Verlag, Seelze, 2009, Nr. 69/70, S. 54-59.

C. v. Aufschnaiter: Mithilfe von Experimenten lernen – (wie) geht das?, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Friedrich Verlag, Seelze, 2008, Nr. 108, S. 4-9.

C. v. Aufschnaiter: Zeit zum Denken, Zeit zum Lernen – Aufmerksamkeit und Zeittakte im Unterricht, in: SCHÜLER – Wissen für Lehrer, Friedrich Verlag, Seelze, 2006, S. 114-116.

J. Baumert, R. Lehmann, M. Lehrke et al.: Testaufgaben Naturwissenschaften – TIMSS 7./8. Klasse (Population 2), IEA TIMSS-Germany, Berlin, 1998.

R. Blume: Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie, Cornelsen, Berlin, <http://www.chemieunterricht.de/dc2/> (letzter Aufruf am 08.10.2011 um 22:30 Uhr).

Z. Chen, D. Klahr: All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy, in: Child Development, Wiley, Hoboken, 1999, Nr. 70, S. 1098-1120.

S. Drenker-Seredszus: Kerze unter Glas, 2009, <http://www.bibernetz.de/wws/kerze-unter-glas.php> (letzter Aufruf am 28.10.11 um 11:30 Uhr).

R. Duit: Der einfache elektrische Stromkreis – Fachliche Sicht und Schülervorstellungen, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Friedrich Verlag, Seelze, 2005, Nr. 89, S. 9-11.

R. Duit: Die physikalische Sicht von Wärme und Energie verstehen, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Friedrich Verlag, Seelze, 1999, Nr. 53, S. 10-12.

R. Duit: Energie – ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Friedrich Verlag, Seelze, 2007, Nr. 101, S. 4-7.

R. Duit, S. Mikelskis-Seifert, U. Gromadecki: „Erkenntnisgewinnung“ in den Bildungsstandards Physik, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Friedrich Verlag, Seelze, 2007, Nr. 97, S. 12-19.

R. Duit: Naturwissenschaftliches Arbeiten, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Friedrich Verlag, Seelze, 2003, Nr. 74, S. 4-8.

R. Duit, H. Gropengießer, L. Stäudel: Naturwissenschaftliches Arbeiten – Unterricht und Material 5-10, Erhard Friedrich Verlag, Seelze, 2004.

R. Duit: Wie Physikunterricht in der Praxis aussieht – Ergebnisse einer Videostudie, in: Plus Lucis, Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, Wien, 2005, Nr. 1-2, S. 9-13.

Gesetzliche Unfallversicherung: Anhang 1 zur GUV-Regel Umgang mit Gefahrstoffen im Unterricht – Gefahrstoffliste, Bundesverband der Unfallkassen, München, 2002.

A. Geuther, H. Barth, S. Luch: Übungen zur Didaktik I, Internes Arbeitsmaterial des Instituts für Didaktik der Chemie der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen, 2000.

A. Geuther, H. Barth, S. Luch: Übungen zur Didaktik II, Internes Arbeitsmaterial des Instituts für Didaktik der Chemie der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen, 1998.

M. Hammann, T. T. H. Phan, M. Ehmer, H. Bayhuber: Fehlerfrei Experimentieren, in: MNU, Bildungsverlag EINS, Troisdorf, 2006, Nr. 5, S. 292-299.

R. Hau: PONS Wörterbuch für Schule und Studium Lateinisch-Deutsch, Klett Verlag, Stuttgart, ²2001.

Hessisches Kultusministerium: Lehrplan Chemie – Gymnasialer Bildungsgang, 2010.

Hessisches Kultusministerium: Lehrplan Physik – Gymnasialer Bildungsgang, 2010.

D. Höttecke: Was ist Naturwissenschaft? – Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Friedrich Verlag, Seelze, 2008, Nr. 103, S. 4-11.

A. Kauertz, A. E. Fischer: Standards und Physikaufgaben, in: E. Kircher, R. Girwidz, P. Häußler: Physikdidaktik – Theorie und Praxis, Springer, Berlin, 2009, S. 662 – 688.

S. Kirchner, B. Priemer: Wie können Schüler angeleitet werden, Experimente selber zu planen?, in: D. Höttecke: Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung – Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Essen 2007, LIT Verlag, Berlin, 2008.

M. Kiss-Scherle, W. Lorbeer: Schülerinnen und Schüler führen ein Laborbuch, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Friedrich Verlag, Seelze, 2003, Nr. 74, S. 21-25.

G. Kniffka: Scaffolding, <http://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/scaffolding.pdf> (letzter Aufruf am 22.10.2011 um 23:04 Uhr).

A. Krapp, B. Weidenmann: Pädagogische Psychologie, Beltz Psychologische Verlagsunion, Weinheim, 2001.

J. Künsting, H. Thillmann, J. Wirth, et al.: Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht, in: Psychologie in Erziehung und Unterricht, Reinhardt Verlag, München, 2008, Nr. 55, S. 1-15.

J. Leisen: Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, in: MNU, MNU, Bildungsverlag EINS, Troisdorf, 2006, Nr. 5, S. 260-266.

J. Leisen: Mit Lernaufgaben lehren und lernen, <http://www.aufgabenkultur.de/seiten/0%20Aufgabenkultur%20im%20Lehr-LernModell/7%20Lernaufgaben%20im%20Lehr-Lern-Modell.pdf> (letzter Aufruf am 13.09.2011 um 2:00 Uhr).

S. Mannel: Assessing scientific inquiry – Development and evaluation of a test for the low-performing stage, unveröffentlichte Dissertation, Universität Duisburg-Essen, 2010.

G. Meyendorf: Einfache chemische Schalexperimente: Arbeitsbuch für Schüler, Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin, Thun, 1985.

H. Meyer: Zehn Merkmale guten Unterrichts – Empirische Befunde und didaktische Ratschläge, in: Pädagogik, Pädagogische Beiträge Verlag, Hamburg, 2003, Nr. 10, S. 36-43.

B. Raschke: Physikalische Freihandexperimente zur Mechanik, Diplomarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz, 2006, <http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i5110/files/Forschung/Thermophysik/DiplomarbeitBarbaraRaschke.pdf> (letzter Aufruf am 22.10.2011 um 23:15 Uhr).

E. Rossa: Chemie-Didaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Cornelsen Scriptor, Berlin, 2005.

H. J. Schlichting: Freihandversuche. Probleme und Möglichkeiten experimenteller Minimalversuche, in: Physik in der Schule, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, 1996, Nr. 4, S. 141-146.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss, Luchterhand - Wolters Kluwer Deutschland, München Neuwied, 2004.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss, Luchterhand - Wolters Kluwer Deutschland, München Neuwied, 2005.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss, Luchterhand - Wolters Kluwer Deutschland, München Neuwied, 2004.

F. Steinle: Exploratives Experimentieren – Charles Dufay und die Entdeckung der zwei Elektrizitäten, in: Physik Journal, Wiley VCH, Weinheim, 2004, Nr. 6, S. 47-52.

H.-J. Wilke: Physikalische Schulexperimente Band 1 – Mechanik/Thermodynamik, Volk und Wissen Verlag, Berlin, 1997.

H.-J. Wilke: Physikalische Schulexperimente Band 2 – Optik/Kernphysik/
Elektrizitätslehre, Volk und Wissen Verlag, Berlin, 1999.

L. S. Wygotski: Denken und Sprechen, Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt
am Main, 1986.

Anhang

Anhang A1:

Aufgabenserie: Variablenkontrolle in der Mechanik

Materialliste für diese Aufgabenserie

benötigt werden pro Gruppe:

- 1 Knetkugel (ca. so groß wie ein Tischtennisball)
- 1 Zollstock
- 2 gleich große Kugeln, eine aus Glas, die andere aus Metall
- 2 gleich große Würfel, einer aus Holz, der anderen aus schwerem Kunststoff
- 1 Kugelbahn (aus 3 Stativstangen, 2 Muffen und 1 Stativfuß bestehend)

Wie experimentieren Naturwissenschaftler?

Wenn Naturwissenschaftler Experimente durchführen, achten sie auf viele unterschiedliche Aspekte, wie z.B.:

- Sie versuchen möglichst genau zu arbeiten, um Fehler zu vermeiden.
- Sie überlegen sich oft vorher, warum sie ein bestimmtes Ergebnis erwarten.
- Sie führen Messungen mehrmals durch, um zufällige Effekte zu entdecken.

Sehr wichtig ist auch die sorgfältige Planung des Experiments!

Eine wichtige Rolle spielt dabei das **Prinzip der Variablenkontrolle**, welches ihr im Folgenden kennen lernen werdet.

(Eine **Variable** ist bei einem Experiment z.B. die Temperatur, die Menge einer Substanz oder auch die Farbe eines Stoffes. Variablen verändern sich je nach Versuchsablauf oder bleiben gleich. Man kann daher sagen, dass **Variable** nur ein anderes Wort für eine Eigenschaft ist.)

VERSUCH – Platte Knete

In diesem Versuch sollt ihr folgende naturwissenschaftliche Fragestellung untersuchen:

Wie beeinflusst die Fallhöhe die Verformung einer Knetkugel?

Nehmt dafür die Knete, knetet sie ordentlich durch (damit sie weich wird) und formt eine Kugel. Die Kugel sollte ungefähr so groß wie ein Tischtennisball sein.

Als nächstes müsst ihr den Durchmesser der Kugel messen.

TIPP: Die Messung gelingt gut, wenn ihr die Knetkugel zwischen zwei parallele Bücher legt (natürlich ohne sie zu zerdrücken!) und dann den Abstand zwischen den Büchern messt.

Durchmesser der Kugel: _____ cm

Bestimmt eine Höhe, aus der ihr die Knetkugel fallen lassen wollt.

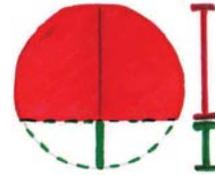
Höhe: _____ cm

Lasst die Kugel mit Hilfe des Zollstocks aus genau dieser Höhe fallen.

Durch den Aufprall auf den Boden wird die Kugel verformt.

In eine Richtung hat sie jetzt einen besonders kleinen Durchmesser (**rote Linie**). Bestimmt diesen Durchmesser.

Durchmesser der verformten Kugel: _____ cm



Ermittelt nun die Veränderung, die durch die Verformung eingetreten ist. (**grün in der Skizze**). Zieht dazu den neuen Durchmesser vom ursprünglichen Durchmesser der Kugel (Seite 2) ab.

Veränderung: _____ cm

Nun wiederholt ihr den Versuch aus anderen Höhen, um herauszufinden, ob die Höhe die Verformung beeinflusst.

(Dazu müsst ihr natürlich immer wieder vorher die Knete zu einer runden Kugel formen, die ungefähr den gleichen Durchmesser wie beim ersten Versuch hat – siehe eure Angabe auf Seite 2.)

Notiert die Fallhöhen und den Durchmesser der verformten Kugel sowie die Veränderung in der Tabelle:

Fallhöhe	Durchmesser der verformten Kugel	Veränderung

Wie beeinflusst die Fallhöhe die Verformung einer Knetkugel?

Warum solltet ihr die Kugel vor jedem Versuch wieder neu als Kugel formen?
Hätte man nicht auch eine verformte Kugel noch mal fallen lassen können?

War es unbedingt nötig, vor dem Fallen jedes Mal zu überprüfen, ob die Kugel wieder den gleichen Durchmesser wie zuvor hatte? Warum/Warum nicht?

Ihr seid in eurem Versuch folgender Frage nachgegangen:

*Wie beeinflusst die **Fallhöhe** die **Verformung einer Knetkugel**?*

Naturwissenschaftler nennen bei einem Experiment die Eigenschaft, die gemessen wird, **abhängige Variable**.

In eurem Experiment ist die Verformung der Kugel die **abhängige Variable**:



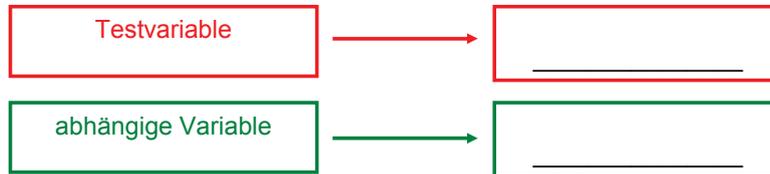
Die Größe die man zwischen den Messungen verändert, wird **Testvariable** genannt, weil ihr Einfluss auf die abhängige Variable getestet wird.

In eurem Experiment ist die Fallhöhe die **Testvariable**:

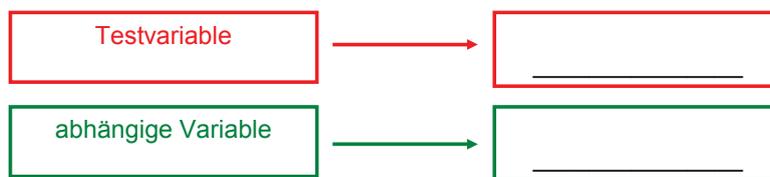


Hier sind zwei weitere Fragestellungen zum Üben. Schreibt in die Kästen eure Vermutung, was die **Testvariable** und die **abhängige Variable** in den Fragen sind:

1.) *Wie beeinflusst die Anlaufgeschwindigkeit die Weite des Sprungs?*

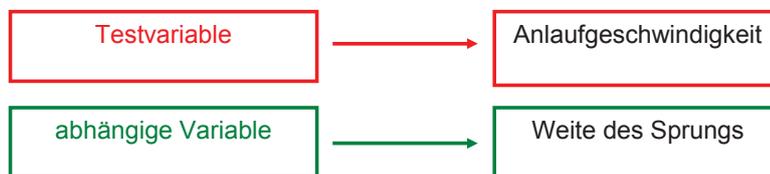


2.) *Wie beeinflusst das Gewicht des LKWs den Bremsweg?*

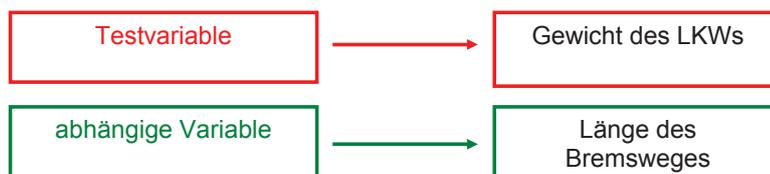


Vergleicht eure Ergebnisse mit der folgenden Lösung:

1.) *Wie beeinflusst die Anlaufgeschwindigkeit die Weite des Sprungs?*



2.) *Wie beeinflusst das Gewicht des LKWs die Länge des Bremsweges?*



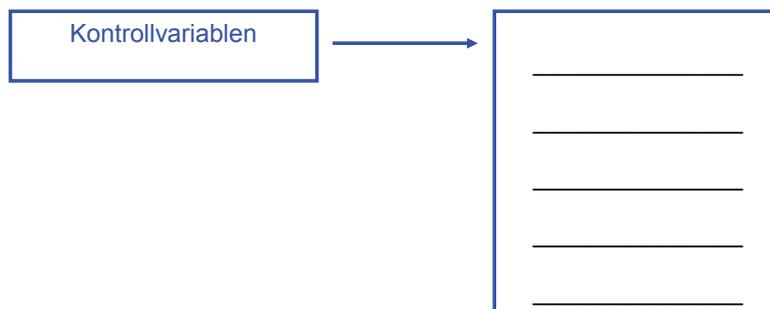
Alle anderen Eigenschaften, die man in einem Experiment noch verändern könnte, nennt man **Kontrollvariablen**.

Diese werden nicht verändert, weil man untersuchen will, ob die **abhängige Variable** wirklich von der Veränderung der **Testvariablen** beeinflusst wird.

Im Knetkuglexperiment solltet ihr die Knete immer wieder zu einer Kugel formen. Nur so konntet ihr sicher sein, dass die Form der Knete das Ergebnis nicht beeinflusst. Also war die Form der Knete eine **Kontrollvariable**.



Schreibt auf, was ihr im Experiment noch nicht verändert habt (was man aber verändern könnte):



Vergleicht eure Auflistung mit der Übersicht auf der nächsten Seite und schaut euch an, wie man die Kontrollvariablen konstant halten kann.

Hier findet ihr noch einmal eine Zusammenfassung des Knetkugelexperimentes:

Abhängige Variable: Verformung der Kugel

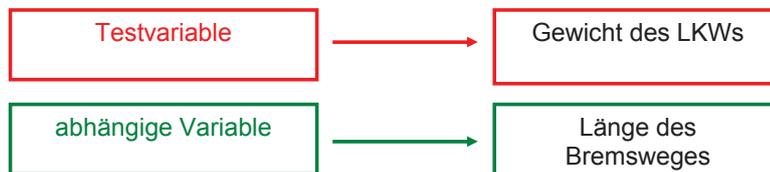
Testvariable: Fallhöhe

Kontrollvariablen: Form der Knetkugel
Farbe der Knete
Härte des Bodens
Temperatur

Kontrollvariable	Wie wird sie konstant gehalten?
Form der Knetkugel	Vor jedem Fallenlassen wieder eine Kugel formen.
Farbe der Knete	Gleichfarbige Knete verwenden.
Härte des Bodens	Knete möglichst am gleichen Ort fallen lassen.
Härte der Knete (von Temperatur abhängig)	Keine kalte Knete verwenden und Experiment am selben Ort durchführen – die Raumtemperatur sollte gleich bleiben.

Bei der Übungsfrage auf Seite 7 habt ihr die folgende Frage bearbeitet:

Wie beeinflusst das Gewicht des LKWs die Länge des Bremsweges?

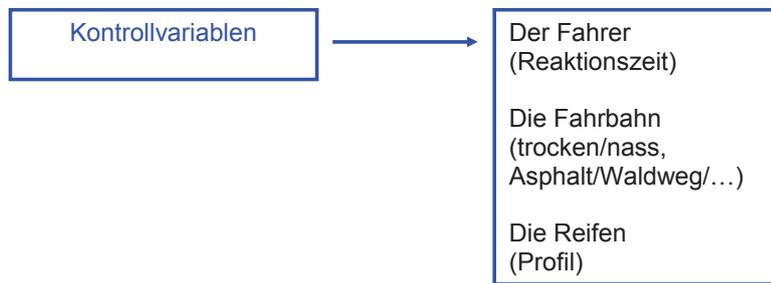


Notiert auch für dieses Beispiel alle Kontrollvariablen, die man nicht verändern darf:

```

graph LR
    A[Kontrollvariablen] --> B[ ]
  
```

Die wichtigsten (es gibt natürlich noch mehr!) **Kontrollvariablen** sind hier folgende:



VERSUCH – Die schiebende Kugel

Betrachtet den folgenden Versuchsaufbau:



Aus Stativstangen wurde eine Kugelbahn gebaut.

Auf dieser Bahn lässt man eine Metallkugel runter rollen.

Am Ende der Bahn trifft sie auf einen Kunststoffklotz und schiebt ihn weg.

Der Versuch hat folgende Fragestellung:

Beeinflusst der Startpunkt der Kugel auf der Bahn, wie weit der Klotz weggeschoben wird?

Was sind hier **Testvariable** und **abhängige Variable**?

Testvariable	→	_____
abhängige Variable	→	_____

Betrachtet das Bild links unten und notiert, welche **Kontrollvariablen** es bei diesem Versuch geben könnte.

Kontrollvariablen	→	_____ _____ _____ _____ _____ _____
-------------------	---	--



Hier könnt ihr eure Ergebnisse von Seite 15 und 16 überprüfen:

Abhängige Variable: Strecke, die der Klotz weggeschoben wird

Testvariable: Startpunkt der Kugel auf der Bahn

Kontrollvariablen: Gewicht des Klotzes

Gewicht der Kugel

Steigung der Bahn

Untergrund, auf dem die Bahn steht

Methode mit der der Startpunkt der Kugel und die Strecke des Klotzes gemessen wird.

VERSUCH – Einfluss des Startpunktes auf der Bahn

Baut nun die Bahn nach dem Bild oben auf und führt das Experiment durch. Dafür markiert ihr verschiedene Startpunkte auf der Bahn, von denen aus ihr die Kugel losrollen lasst.

Notiert in der Tabelle unten für jeden Startpunkt, wie weit der Klotz weggeschoben wird. Achtet beim Experimentieren darauf, dass ihr die Kontrollvariablen immer konstant haltet.

Testvariable: _____	Abhängige Variable: _____

Beeinflusst der Startpunkt der Kugel, wie weit der Klotz weggeschoben wird?

ja nein

Formuliert euer Ergebnis in einem „je..., desto...“-Satz!

Je _____,

desto _____.

Man kann bei diesem Versuch natürlich noch andere Forschungsfragen stellen.

Zum Beispiel: *Beeinflusst die Steigung der Bahn, wie weit der Klotz weggeschoben wird?*

Was sind in diesem Fall die Variablen?

Testvariable	→	_____
abhängige Variable	→	_____
Kontrollvariablen	→	_____ _____ _____

In diesem Fall wird aus der vorherigen **Testvariable** „Startpunkt der Kugel auf der Bahn“ eine **Kontrollvariable**, die konstant gehalten werden muss.

Aus der ehemaligen **Kontrollvariable** „Steigung der Bahn“ wird die neue **Testvariable**.

Alle anderen **Kontrollvariablen** und die **abhängige Variable** sind die gleichen wie im ersten Versuch (Übersicht auf Seite 17).

VERSUCH – Einfluss der Bahnsteigung

Führt das Experiment durch, in dem ihr die Bahn unterschiedlich steil einstellt
Notiert in der Tabelle auf der nächsten Seite für jede Steigung, wie weit der Klotz weggeschoben wird.

Achtet wieder darauf, dass ihr die Kontrollvariablen immer konstant haltet.

Notiert eure Ergebnisse auf der nächsten Seite.

Testvariable: _____	Abhängige Variable: _____

Beeinflusst die Steigung der Bahn, wie weit der Klotz weggeschoben wird?

ja nein

Formuliert euer Ergebnis in einem „je..., desto...“-Satz!

Je _____,

desto _____.

Die schiebende Kugel II

Matthias hat folgende Apparatur aufgebaut, die ihr bereits kennt:



Aus Stativstangen hat er eine Kugelbahn gebaut, auf der er nacheinander je eine Kugel runterrollen lässt.

Unten angekommen trifft die Kugel jeweils auf gleich große, aber unterschiedlich schwere Klötze und schiebt sie weg.

Matthias Fragestellung dazu lautet:

Werden Klötze aus unterschiedlichen Materialien unterschiedlich weit weggeschoben?

Was sind die **Testvariable** und die **abhängige Variable** in dieser Frage?

Testvariable	→	_____
abhängige Variable	→	_____

Was sind die **Kontrollvariablen** zu dieser Fragestellung?

Kontrollvariablen	→	_____ _____ _____ _____
-------------------	---	----------------------------------

Matthias hat zwei Messungen durchgeführt:

Zuerst hat er eine Stahlkugel vom oberen Ende der Bahn aus gegen einen Kunststoffklotz rollen lassen.

Danach hat er eine Glaskugel von der Mitte der Bahn aus gegen einen Holzklötz rollen lassen.

Er beobachtet, dass die Stahlkugel den Kunststoffklotz weiter weg schiebt als die Glaskugel den Holzklötz.

Matthias zieht daraus folgende Schlussfolgerung:

Kunststoffklötze sind leichter wegzuschieben als Holzklötze.

Kann man diese Aussage nach dem Experiment so treffen? ja nein

Ja, weil _____

Nein, weil _____

Matthias Schlussfolgerung ist falsch, da er die Grundregel der **Variablenkontrolle** nicht beachtet hat: Man darf immer nur eine Variable verändern!

Wie müsste man den Versuch durchführen um diesen Fehler zu vermeiden?

VERSUCH – Wegschieben unterschiedlicher Klötze

Führt nun den Versuch korrekt durch, um Matthias Fragestellung („Werden Klötze aus unterschiedlichen Materialien unterschiedlich weit weggeschoben?“) zu untersuchen.

Notiert eure Ergebnisse in der folgenden Tabelle:

Testvariable: _____	Abhängige Variable: _____

Formuliert euer Ergebnis:

Matthias will nun auch noch untersuchen, welchen Einfluss das Material hat, aus dem die Kugel besteht.

Notiert zu der Frage „Wird ein Klotz von Kugeln aus unterschiedlichem Material unterschiedlich weit weggeschoben?“ alle relevanten Variablen.

Testvariable	→	_____
abhängige Variable	→	_____
Kontrollvariablen	→	_____ _____ _____ _____

VERSUCH – Wegschieben durch unterschiedliche Kugeln

Lasst unterschiedliche Kugeln die Bahn runter rollen, während ihr alle anderen Variablen (Startpunkt, Steigung, Klotz) konstant haltet.

Notiert eure Ergebnisse in der folgenden Tabelle:

Testvariable: _____	Abhängige Variable: _____

Formuliert euer Ergebnis:

Welche Kugel und welchen Klotz muss man auswählen, wenn man den Klotz möglichst weit wegschieben will?

Anhang A2:

Aufgabenserie: Variablenkontrolle im chemischen Anfangsunterricht

Materialliste für diese Aufgabenserie

benötigt werden pro Gruppe:

- Reagenzglasständer mit Reagenzgläsern
- Pipette
- je 5ml Ethanol, Propanol, Butanol und Decanol
- 1 Teelicht
- 1 Feuerzeug
- 3 Bechergläser unterschiedlichen Volumens (z.B. 100ml, 500ml und 1000ml)
- 10cm Magnesiumband
- 10ml Schwefelsäure
- 50°C warmes Wasserbad
- 1 Stoppuhr
- 2 Schutzbrillen

Wie experimentieren Naturwissenschaftler?

Wenn Naturwissenschaftler Experimente durchführen, achten sie auf viele unterschiedliche Aspekte, wie z.B.:

- Sie versuchen möglichst genau zu arbeiten, um Fehler zu vermeiden.
- Sie überlegen sich oft vorher, warum sie ein bestimmtes Ergebnis erwarten.
- Sie führen Messungen mehrmals durch, um zufällige Effekte zu entdecken.

Sehr wichtig ist auch die sorgfältige Planung des Experiments!

Eine wichtige Rolle spielt dabei das **Prinzip der Variablenkontrolle**, welches ihr im Folgenden kennen lernen werdet.

(Eine **Variable** ist bei einem Experiment z.B. die Temperatur, die Menge einer Substanz oder auch die Farbe eines Stoffes. Variablen verändern sich je nach Versuchsablauf oder bleiben gleich. Man kann daher sagen, dass **Variable** nur ein anderes Wort für eine Eigenschaft ist.)

Alkohol und Wasser – eine gute Mischung?

Es gibt viele verschiedene Arten von Alkohol. Daher stellt sich die Frage:

Beeinflusst die Alkoholsorte, ob sich ein Alkohol mit Wasser mischt?

Um herauszufinden welche Alkohole sich mit Wasser vermischen, gibt man ein bisschen Wasser zusammen mit etwas Alkohol in ein Reagenzglas.

Es gibt dann zwei mögliche Ergebnisse:

- 1) Man sieht zwei Schichten. In diesem Fall mischt sich der Alkohol nicht mit Wasser.
- 2) Man sieht nur eine klare Flüssigkeit. Alkohol und Wasser haben sich vermischt.

Auf der nächsten Seite findet ihr die Anleitung für den Versuch.
Lest sie und führt dann den Versuch durch.

VERSUCH – Vermischung von Alkohol und Wasser

- Gebt in ein Reagenzglas 5ml Ethanol und 5ml Wasser.
- Beobachtet, wie viele Schichten sich bilden und notiert dies in der Tabelle unten.
- Wiederholt den Versuch mit den anderen drei Alkoholen (Propanol, Butanol und Decanol).

Ergebnisse:

Name des Alkohols	Anzahl der Schichten

Zusammenfassung:

Beeinflusst die Alkoholsorte, ob sich ein Alkohol mit Wasser mischt?

Kreuzt an.

 ja nein

Begründet eure Antwort.

Ja, weil _____

Nein, weil _____

Ihr seid in eurem Versuch folgender Frage nachgegangen:

*Beeinflusst die **Alkoholsorte**, ob sich ein **Alkohol mit Wasser mischt**?*

Naturwissenschaftler nennen bei einem Experiment die Eigenschaft, die gemessen wird, **abhängige Variable**.

In eurem Experiment ist die Mischbarkeit mit Wasser die **abhängige Variable**:



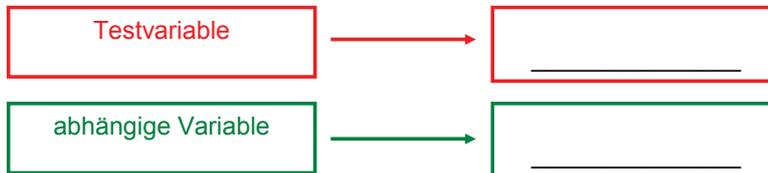
Die Größe die man zwischen den Messungen verändert, wird **Testvariable** genannt, weil ihr Einfluss auf die abhängige Variable getestet wird.

In eurem Experiment ist die Art des Alkohols die **Testvariable**:

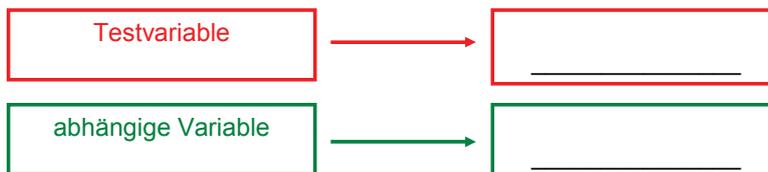


Hier sind zwei weitere Fragestellungen zum Üben. Schreibt in die Kästen eure Vermutung, was die **Testvariable** und die **abhängige Variable** in den Fragen sind:

1.) *Wie beeinflusst die Temperatur der Gasflamme die Zeit, die verstreicht, bis das Wasser kocht?*

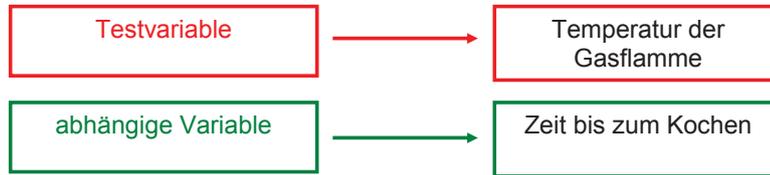


2.) *Wie beeinflusst der Durchmesser des Trichters die Menge Sand, die pro Minute hindurch rieselt?*

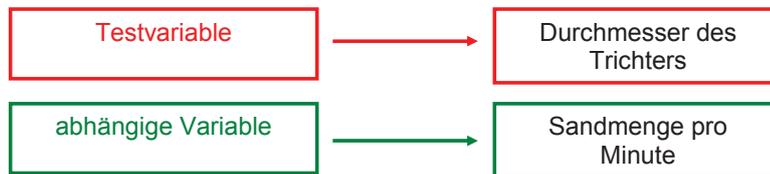


Vergleicht eure Ergebnisse mit der folgenden Lösung:

1.) *Wie beeinflusst die Temperatur der Gasflamme die Zeit, die bis zum Kochen des Wassers verstreicht?*



2.) *Wie beeinflusst der Durchmesser des Trichters die Menge Sand, die pro Minute hindurch rieselt?*



Alle anderen Eigenschaften, die man in einem Experiment noch verändern könnte, nennt man **Kontrollvariablen**.

Diese werden nicht verändert, weil man untersuchen will, ob die **abhängige Variable** wirklich von der Veränderung der **Testvariablen** beeinflusst wird.

Im Mischexperiment habt ihr die Alkoholsorte verändert. Dabei habt ihr aber immer gleich viel Alkohol verwendet. Es waren immer 5ml.

Nur so konntet ihr sicher sein, dass die Menge das Ergebnis nicht beeinflusst. Also war die Menge des Alkohols eine **Kontrollvariable**.



Schreibt auf, was ihr im Experiment noch nicht verändert habt (was man aber verändern könnte):

Kontrollvariablen

→

Hier findet ihr noch einmal eine Zusammenfassung des Experiments:

Abhängige Variable: Anzahl der Schichten (1 oder 2)

Testvariable: Alkoholsorte (Ethanol, Propanol, Butanol, Decanol)

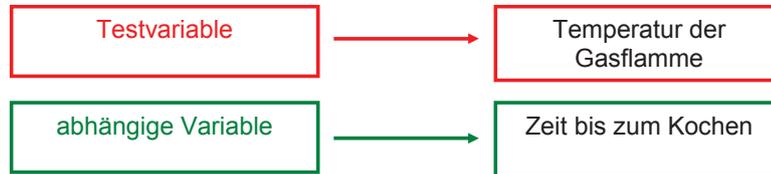
Kontrollvariablen: Menge an Wasser
Menge an Alkohol
Temperatur
Sauberkeit des Reagenzglases

Die folgende Übersicht zeigt euch, wie man die **Kontrollvariablen** kontrolliert:

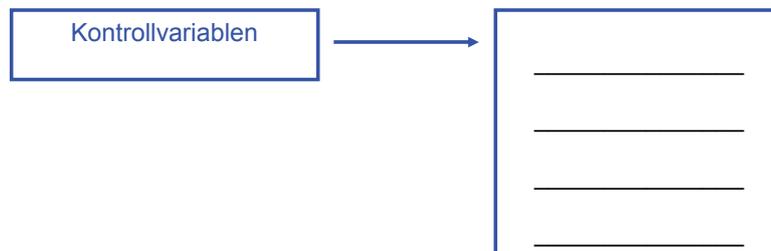
Kontrollvariable	Wie wird sie konstant gehalten?
Wassermenge	Im Messzylinder abmessen
Alkoholmenge	Im Messzylinder abmessen
Temperatur	Die Raumtemperatur sollte gleich bleiben – Experiment am selben Ort durchführen
Sauberkeit des Reagenzglases	Reagenzglas vor Benutzung säubern und trocknen

Auf Seite 6 habt ihr die folgende Frage bearbeitet:

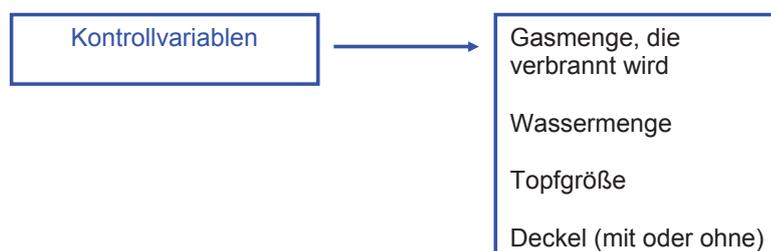
Wie beeinflusst die Temperatur der Gasflamme die Zeit, die bis zum Kochen des Wassers verstreicht?



Notiert auch für dieses Beispiel alle Kontrollvariablen, die man nicht verändern darf:



Die wichtigsten (es gibt natürlich noch mehr!) **Kontrollvariablen** sind hier folgende:



Die erstickte Kerze

Bei diesem Versuch sollt ihr folgende Fragestellung untersuchen:

Brennt eine Kerze länger, wenn sie mehr Luft zur Verfügung hat?

Dazu wird nacheinander eine brennende Kerze unter drei verschieden großen Bechergläsern beobachtet und die Zeit gemessen, bis sie ausgeht.

Notiert alle Variablen, die für diesen Versuch wichtig sind:

Testvariable	→	_____
abhängige Variable	→	_____
Kontrollvariablen	→	_____ _____ _____ _____ _____

Vergleicht eure Variablen mit der folgenden Auflistung:

- Abhängige Variable:** Brenndauer
- Testvariable:** Volumen des Glases / Sauerstoffmenge im Glas
- Kontrollvariablen:**
1. Zustand der Kerze (neu, benutzt, abgebrannt, ...)
 2. Methode, wie das Glas über die Kerze gestülpt wird (schnell, langsam, seitlich, von oben)
 3. Dichtigkeit zwischen Glas und Unterlage
 4. Startpunkt der Zeitmessung
 5. Raumtemperatur
 6. Art des Gases im Glas

Überlegt, wie ihr sicherstellen könnt, dass sich die Kontrollvariablen zwischen den Durchgängen möglichst nicht verändern! Schreibt eure Ideen in die Tabelle.

Kontrollvariable	Wie wird sie konstant gehalten?
1. Zustand der Kerze	
2. Methode des Überstülpens	
3. Dichtigkeit	
4. Start der Zeitmessung	
5. Raumtemperatur	
6. Art des Gases im Glas	

Auf der nächsten Seite findet ihr die Anleitung für den Versuch.

VERSUCH – Brenndauer einer Kerze unter Gläsern

- Zündet ein Teelicht an.
- Stülpt ein Glas über das Teelicht und stoppt die Zeit, die vergeht, bis das Teelicht ausgeht.
- Wiederholt den Vorgang mit den anderen Gläsern.

Notiert eure Ergebnisse in der Tabelle:

Testvariable (Volumen des Bechers)	Abhängige Variable (Brenndauer der Kerze)

Formuliert euer Ergebnis in einem „je..., desto...“-Satz!

Je _____,

desto _____.

Welche **Kontrollvariable** war am schwierigsten konstant zu halten? Warum?

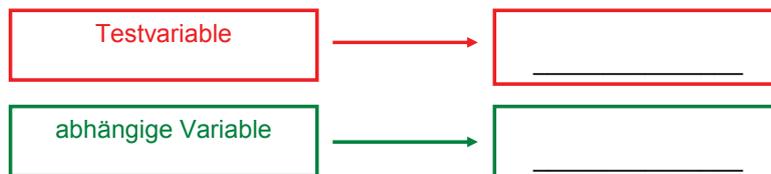
Das verschwundene Magnesiumband

Johanna will folgende Fragestellung untersuchen:

Löst sich Magnesium schneller in Schwefelsäure auf, wenn man die Schwefelsäure erwärmt?

Um dies zu überprüfen, gibt man jeweils ein Stück Magnesium in unterschiedlich warme Schwefelsäure und stoppt die Zeit, bis das Magnesium vollständig aufgelöst ist.

Notiert für diesen Versuch alle relevanten Variablen:



Kontrollvariable	Wie wird sie konstant gehalten?

Johanna macht zur Überprüfung der Frage folgende Messungen:

Zuerst gibt sie einen 4cm langen Streifen Magnesiumband in 5ml Schwefelsäure, die Zimmertemperatur hat. Nach 48 Sekunden ist das Magnesium aufgelöst.

Anschließend gibt sie einen 2cm langes Stück in 7ml Schwefelsäure, die sie zuvor in einem Wasserbad auf 50°C erwärmt hat. Dieses Stück ist nach 23 Sekunden vollständig aufgelöst.

Johanna kommt zu folgendem Ergebnis:

Je wärmer die Schwefelsäure ist, desto schneller löst sich das Magnesium darin auf.

Kann man diese Aussage nach dem Experiment so treffen? ja nein

Ja, weil _____

Nein, weil _____

Johannas Schlussfolgerung ist falsch, da sie die Grundregel der **Variablenkontrolle** nicht beachtet hat: Man darf immer nur eine Variable verändern!

Wie müsste man den Versuch durchführen, um diesen Fehler zu vermeiden?

Führt nun der Versuch korrekt durch.

VERSUCH – Auflösen von Magnesium in Salzsäure

- Schneidet vom Magnesiumband zwei gleich lange Streifen (4cm) ab und faltet beide Streifen zwei Mal zu einem kleinen Paket zusammen.
- Zieht eine **Schutzbrille** auf, messt mit Hilfe eines Messzylinders 5ml Schwefelsäure ab und gebt sie in ein Reagenzglas.

ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG!

Seid beim Umgang mit der Schwefelsäure sehr vorsichtig, sie ist ätzend!!
Verwendet eine Pipette und passt auf, dass ihr euch die Säure nicht über die Hand schüttet!
Fasst das Reagenzglas während der Reaktion nicht unten an, es kann sehr warm werden!

- In die Säure gebt ihr ein Magnesiumstück und messt die Zeit bis es sich aufgelöst hat. Notiert die Zeit in der Tabelle auf der nächsten Seite.

- Messt in ein zweites Reagenzglas wieder 5ml Schwefelsäure ab und erwärmt sie in einem warmen Wasserbad auf ca. 50°C.

ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG!

Kontrolliert mit einem Thermometer, dass die Schwefelsäure nicht heißer als 50°C wird! Spritzgefahr!

- Gebt in die 50°C warme Schwefelsäure das Magnesium und stoppt wieder die Zeit bis zum Auflösen.

Notiert eure Ergebnisse in der Tabelle:

Testvariable: _____	Abhängige Variable: _____

Was ist euer Ergebnis? Stimmt es mit Johannas überein?

Wie müsste man den Versuch durchführen, wenn man überprüfen will, ob sich das Magnesiumband in einer stärkeren Schwefelsäure schneller auflöst, als in einer schwächeren?

Was wären in diesem Fall die unterschiedlichen Variablen?

Testvariable	→	_____
abhängige Variable	→	_____
Kontrollvariablen	→	_____ _____ _____ _____ _____

Anhang A3:

Aufgabenserie: Variablenkontrolle anhand der Stoffgruppe der Salze

Materialliste für diese Aufgabenserie

benötigt werden pro Gruppe:

- Reagenzglasständer mit Reagenzgläsern
- Pipette
- Je 5ml Salzsäure untersch. Konzentration (z.B. 1-molar und 0,5-molar)
- 2 Stücke Marmor (jeweils ca. 1g)
- 1 Stoppuhr
- 6g Kaliumnitrat
- 1 Becherglas (250ml)
- 1 Messzylinder (50ml)
- Waage
- warmes Wasser (ca. 60°C)
- 20g Kochsalz (NaCl)
- 1 kleine Flasche, gefüllt mit Sand
- 1 Becherglas, in dem die Flasche schwimmen kann

Wie experimentieren Naturwissenschaftler?

Wenn Naturwissenschaftler Experimente durchführen, achten sie auf viele unterschiedliche Aspekte, wie z.B.:

- Sie versuchen möglichst genau zu arbeiten, um Fehler zu vermeiden.
- Sie überlegen sich oft vorher, warum sie ein bestimmtes Ergebnis erwarten.
- Sie führen Messungen mehrmals durch, um zufällige Effekte zu entdecken.

Sehr wichtig ist auch die sorgfältige Planung des Experiments!

Eine wichtige Rolle spielt dabei das **Prinzip der Variablenkontrolle**, welches ihr im Folgenden kennen lernen werdet.

(Eine **Variable** ist bei einem Experiment z.B. die Temperatur, die Menge einer Substanz oder auch die Farbe eines Stoffes. Variablen verändern sich je nach Versuchsablauf oder bleiben gleich. Man kann daher sagen, dass **Variable** nur ein anderes Wort für eine Eigenschaft ist.)

Aufgelöst!

Marmor besteht zu großen Teilen aus Carbonaten. Carbonate sind Salze der Kohlensäure.

Wenn man Carbonate in Salzsäure gibt, lösen sie sich auf. Dabei entsteht Kohlenstoffdioxid. (Das Marmorstück löst sich aber nicht vollständig auf!)

Eure Fragestellung lautet folgendermaßen:

Beeinflusst die Konzentration der Säure, wie schnell sich Marmor darin auflöst?

Schreibt auf, welche drei Möglichkeiten eintreten können, wenn ihr zwei gleiche Marmorstücke in unterschiedlich konzentrierte Salzsäuren gebt und die Zeit vergleicht, nach der sich der Marmor aufgelöst hat.

1.) _____

2.) _____

3.) _____

Die drei Möglichkeiten sind:

- 1.) In der höher konzentrierten Salzsäure löst sich der Marmor schneller auf.
- 2.) In der höher konzentrierten Salzsäure löst sich der Marmor langsamer auf.
- 3.) In beiden Säuren löst sich der Marmor gleich schnell auf.

Auf der nächsten Seite findet ihr die Anleitung für den Versuch.
Lest sie und findet heraus, welche der drei Möglichkeiten zutrifft.

VERSUCH – Auflösen von Marmor in Salzsäure

- Findet mit Hilfe der Waage zwei möglichst gleich schwere Marmorstücke (ca. 1g). Beide müssen in ein Reagenzglas passen!
- Zieht eine **Schutzbrille** an und messt 5ml von der hoch konzentrierten Salzsäure ab und gießt sie in ein Reagenzglas.

ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG! ACHTUNG!

Seid beim Umgang mit der Salzsäure sehr vorsichtig, sie ist ätzend!!
Verwendet eine Pipette und passt auf, dass ihr euch die Säure nicht über die Hand schüttet!

- Jetzt gebt ihr ein Marmorstück in die Säure und startet gleichzeitig die Stoppuhr.
Stopt die Zeitmessung, wenn die Reaktion deutlich schwächer wird (weniger Gasbläschen und deutlich leisere Geräusche).
Notiert die gemessene Zeit in der Tabelle auf der nächsten Seite.
- Wiederholt den Versuch mit der niedrig konzentrierten Säure!

Ergebnisse:

Konzentration der Salzsäure	Auflösezeit
hoch konzentriert	
niedrig konzentriert	

Formuliert euer Ergebnis in einem „je..., desto...“-Satz!

Je _____,

desto _____.

Ihr seid in eurem Versuch folgender Frage nachgegangen:

*Beeinflusst die **Konzentration der Säure**, wie **schnell sich Marmor** darin **auföst**?*

Naturwissenschaftler nennen bei einem Experiment die Eigenschaft, die gemessen wird, **abhängige Variable**.

In eurem Experiment ist die Auflöszeit des Marmors die **abhängige Variable**:



Die Größe die man zwischen den Messungen verändert, wird **Testvariable** genannt, weil ihr Einfluss auf die abhängige Variable getestet wird.

In eurem Experiment ist die Konzentration der Säure die **Testvariable**:



Hier sind zwei weitere Fragestellungen zum Üben. Schreibt in die Kästen eure Vermutung, was die **Testvariable** und die **abhängige Variable** in den Fragen sind:

1.) *Wie beeinflusst die Temperatur der Gasflamme die Zeit, die verstreicht, bis das Wasser kocht?*

Testvariable	→	_____
abhängige Variable	→	_____

2.) *Wie beeinflusst der Durchmesser des Trichters die Menge Sand, die pro Minute hindurch rieselt?*

Testvariable	→	_____
abhängige Variable	→	_____

Vergleicht eure Ergebnisse mit der folgenden Lösung:

1.) *Wie beeinflusst die Temperatur der Gasflamme die Zeit, die bis zum Kochen des Wassers verstreicht?*

Testvariable	→	Temperatur der Gasflamme
abhängige Variable	→	Zeit bis zum Kochen

2.) *Wie beeinflusst der Durchmesser des Trichters die Menge Sand, die pro Minute hindurch rieselt?*

Testvariable	→	Durchmesser des Trichters
abhängige Variable	→	Sandmenge pro Minute

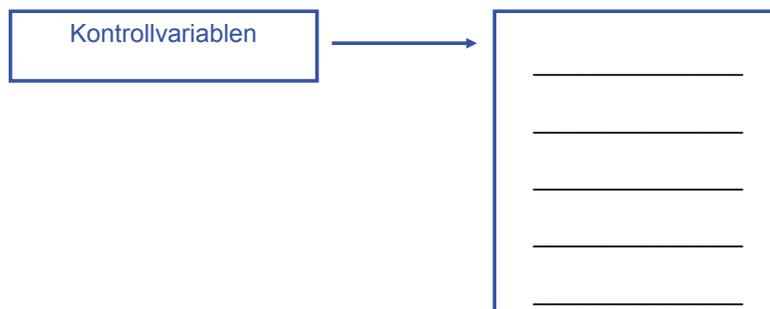
Alle anderen Eigenschaften, die man in einem Experiment noch verändern könnte, nennt man **Kontrollvariablen**.

Diese werden nicht verändert, weil man untersuchen will, ob die **abhängige Variable** wirklich von der Veränderung der **Testvariablen** beeinflusst wird.

Im Marmorexperiment habt ihr die Konzentration der Salzsäure verändert. Dabei habt ihr aber immer gleich viel Säure verwendet. Es waren immer 5ml. Nur so konntet ihr sicher sein, dass die Menge das Ergebnis nicht beeinflusst. Also war die Menge der Salzsäure eine **Kontrollvariable**.



Schreibt auf, was ihr im Experiment noch nicht verändert habt (was man aber verändern könnte):



Vergleicht eure Auflistung mit der Übersicht auf der nächsten Seite und schaut euch an, wie man die Kontrollvariablen konstant halten kann.

Hier findet ihr noch einmal eine Zusammenfassung des Experiments:

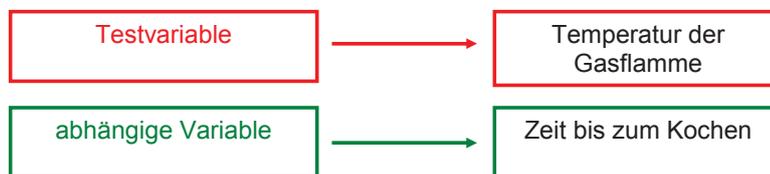
- Abhängige Variable:** Auflöszeit des Marmors
- Testvariable:** Konzentration der Salzsäure
- Kontrollvariablen:** Menge an Salzsäure
Menge an Marmor
Temperatur

Die folgende Übersicht zeigt euch, wie man die **Kontrollvariablen** kontrolliert:

Kontrollvariable	Wie wird sie konstant gehalten?
Menge an Säure	Im Messzylinder abmessen
Menge an Marmor	abwiegen, evtl. abschaben
Temperatur	Die Raumtemperatur sollte gleich bleiben – Experiment am gleichen Ort durchführen.

Auf Seite 7 habt ihr die folgende Frage bearbeitet:

Wie beeinflusst die Temperatur der Gasflamme die Zeit, die bis zum Kochen des Wassers verstreicht?

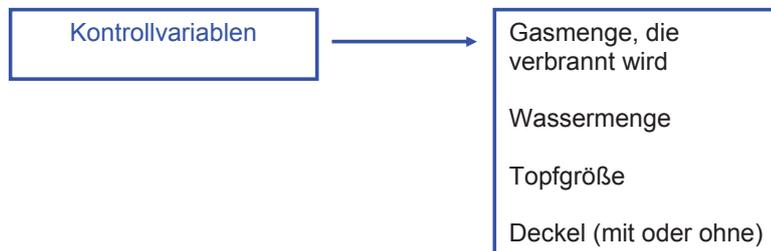


Notiert auch für dieses Beispiel alle Kontrollvariablen, die man nicht verändert:

```

graph LR
    A[Kontrollvariablen] --> B[ ]
  
```

Die wichtigsten (es gibt natürlich noch mehr!) **Kontrollvariablen** sind hier folgende:



Versalzen!

Neben den Carbonaten gibt es natürlich noch viele andere Salze, wie z.B. die Nitrate.

Im folgenden Versuch sollt ihr folgende Fragestellung untersuchen:

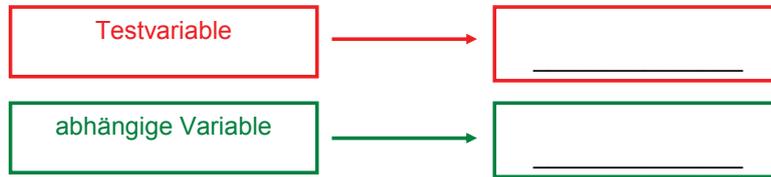
Beeinflusst die Wassertemperatur, wie viel Kaliumnitrat in Wasser gelöst werden kann?

Dazu wird in ein Becherglas eine bestimmte Menge Kaliumnitrat gegeben.

Anschließend wird solange immer wieder Wasser mit gleicher Temperatur dazugegeben, bis sich das Kaliumnitrat vollständig aufgelöst hat.

Anschließend wird der Versuch mit der gleichen Menge Kaliumnitrat aber mit Wasser, das eine andere Temperatur hat, durchgeführt.

Notiert alle Variablen, die für diesen Versuch wichtig sind und überlegt, wie ihr die **Kontrollvariablen** nicht verändert.



Kontrollvariable	Wie wird sie konstant gehalten?

Vergleicht eure Variablen mit der folgenden Auflistung:

Abhängige Variable: Volumen des dazu gegebenen Wassers

Testvariable: Temperatur des Wassers

Kontrollvariable	Wie wird sie konstant gehalten?
Häufigkeit des Schwenkens	z.B. nur zweimal pro 1ml schwenken
Heftigkeit des Umrührens	möglichst gleiche Bewegungen ausführen
Masse des Nitrats	mit der Waage genau abwiegen
Form des Nitrats (Brocken, klumpig, pulverförmig)	Klumpen zerkleinern, so dass alle Körner gleich groß sind
Gleichmäßigkeit der Wasserzugabe	Immer genau 1ml Wasser dazugeben
Methode des Wiegens	immer die gleiche Waage nehmen
Raumtemperatur	Experiment am selben Ort durchführen

Zieht, bevor ihr mit dem Versuch beginnt, jeder eine **Schutzbrille** an!

VERSUCH – Lösen von Kaliumnitrat in unterschiedlich warmem Wasser

- Wiegt in einem 250ml-Becherglas 3g Kaliumnitrat ab.
- Füllt einen Messzylinder mit 30ml Wasser aus dem Wasserhahn und messt die Temperatur.
Gebt 1ml Wasser zum Kaliumnitrat und schwenkt das Becherglas.
Das wiederholt ihr so lange, bis sich das Kaliumnitrat vollständig aufgelöst hat.
- Notiert die Wassermenge, die ihr insgesamt zum Kaliumnitrat dazu gegeben habt, in der Tabelle auf der nächsten Seite.
- Wiederholt den Versuch mit Wasser aus dem Wasserkocher, das ihr auf eine Temperatur von ungefähr 60°C erwärmt habt. Messt die genaue Temperatur mit dem Thermometer und notiert sie!
Notiert am Ende wieder die verbrauchte Wassermenge.

Testvariable (Wassertemperatur)	Abhängige Variable (Volumen des dazu gegebenen Wassers)

Formuliert euer Ergebnis in einem „je..., desto...“-Satz!

Je _____,

desto _____.

Welche **Kontrollvariable** war am schwierigsten konstant zu halten? Warum?

Die schwimmende Flasche

Jonas war im Urlaub in Israel am Toten Meer.

Dort hat er bemerkt, dass er nicht untergeht und dass das Wasser sehr salzig schmeckt.

Daher vermutet er, dass das Salz dafür verantwortlich ist, dass man im Toten Meer so leicht schwimmt.

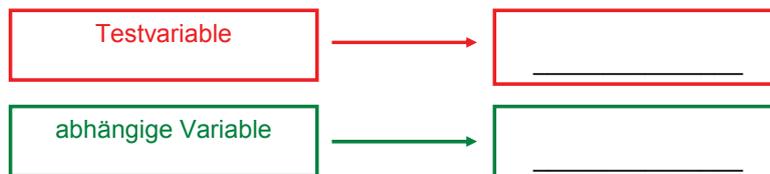
Jonas Fragestellung lautet folgendermaßen:

Beeinflusst der Salzgehalt des Wassers, ob ein Mensch darin schwimmt?

Zur Beantwortung der Frage wird ein Modellexperiment durchgeführt, bei dem eine kleine Flasche (die den Menschen darstellen soll) in ein mit Wasser gefülltes Becherglas gelegt wird. Es wird überprüft, ob die Flasche schwimmt.

Anschließend wird der Versuch mit Wasser wiederholt, in dem eine bestimmte Menge Salz aufgelöst wurde.

Notiert für diesen Versuch alle relevanten Variablen:



Kontrollvariable	Wie wird sie konstant gehalten?

Jonas führt den Versuch so durch:

Zuerst füllt er eine kleine Flasche (die einen Menschen darstellen soll) mit 5 Gramm Sand und legt sie in ein mit Wasser gefülltes Becherglas. Die Flasche schwimmt.

Dann füllt er eine gleiche Flasche mit 15 Gramm Sand. Er legt sie in ein Becherglas, das mit Wasser gefüllt ist, in dem er 20 Gramm Kochsalz (Natriumchlorid) gelöst hat. Die Flasche geht unter.

Jonas kommt zu folgendem Ergebnis:

Je weniger Salz im Wasser gelöst ist, desto eher schwimmt ein Körper darin.

Kann man diese Aussage nach dem Experiment so treffen? ja nein

Ja, weil _____

Nein, weil _____

Jonas Schlussfolgerung ist falsch, da er die Grundregel der **Variablenkontrolle** nicht beachtet hat: Man darf nur immer eine Variable verändern!

Wie müsste man den Versuch durchführen um diesen Fehler zu vermeiden?

VERSUCH – Schwimmen/Sinken in (Salz-)Wasser

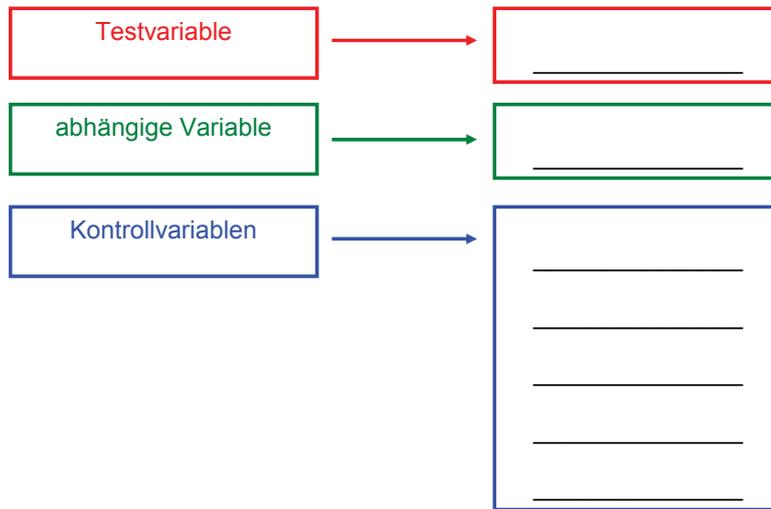
- Füllt das Becherglas mit Leitungswasser.
- Legt die Flasche mit dem Sand darin auf die Wasseroberfläche. Notiert in der Tabelle unten, ob sie untergeht oder nicht. Entfernt die Flasche danach wieder aus dem Glas.
- Gebt 20g Natriumchlorid in die Wanne und rührt um, bis es aufgelöst ist.
- Legt danach wieder die Flasche auf die Wasseroberfläche und notiert, ob sie untergeht oder nicht.

Testvariable _____	Abhängige Variable _____

Beeinflusst der Salzgehalt die Schwimmfähigkeit der Flasche? Stimmt euer Ergebnis mit Jonas Ergebnis überein?

Wie müsste man den Versuch durchführen, wenn man überprüfen will, ob die Flasche schwimmt, wenn unterschiedlich viel Sand in ihr ist?

Was wären in diesem Fall die unterschiedlichen Variablen?



Anhang A4:
Pretest für die Erprobung

Pre-Test:

Trage hier bitte nur den dritten Buchstaben deines Vornamens und den letzten Buchstaben deines Nachnamens ein (z.B. Lisa Meier = <input type="text" value="S"/> <input type="text" value="R"/>)	<input type="text"/>
Trage hier bitte nur deinen Geburtstag ein (z.B. 30 , wenn du am 30.12.1999 Geburtstag hast)	<input type="text"/>
Trage hier bitte ein, welches Geschlecht du hast (weiblich = w / männlich = m)	<input type="text"/>

Lies dir die Aufgaben gut durch, bevor du sie bearbeitest.

Aufgabe 1

Verbinde die Begriffe auf der linken Seite mit den richtigen Erklärungen auf der rechten Seite.

abhängige Variable

...nennt man in einem Experiment das, was gezielt verändert wird.

Testvariable

...nennt man in einem Experiment das, was nicht verändert wird.

Kontrollvariable

...nennt man in einem Experiment das, dessen Veränderung beobachtet wird.

Aufgabe 2



Idee von Tim und Anna:

Je mehr Saft (Geheimtinte) man nimmt,
desto besser kann man die Geheimschrift lesen.



Tim und Anna prüfen ihre Idee, indem sie mit unterschiedlich viel Saft (Geheimtinte) auf gleich dickem Papier schreiben.

Wie prüfen Tim und Anna ihre Idee? Kreuze an. Eine Antwort ist richtig!

<input type="checkbox"/>	Test dickes Papier viel Saft (Geheimtinte)	Testwiederholung dickes Papier viel Saft (Geheimtinte)
<input type="checkbox"/>	dickes Papier wenig Saft (Geheimtinte)	dickes Papier viel Saft (Geheimtinte)
<input type="checkbox"/>	dickes Papier viel Saft (Geheimtinte)	dünnes Papier viel Saft (Geheimtinte)
<input type="checkbox"/>	dickes Papier viel Saft (Geheimtinte)	dünnes Papier wenig Saft (Geheimtinte)

Aufgabe 3



Idee von Tim und Anna:

Bestimmt sind die Gummibärchen hart geworden, weil die Tüte offen gewesen ist.

Wie können Tim und Anna ihre Idee prüfen?

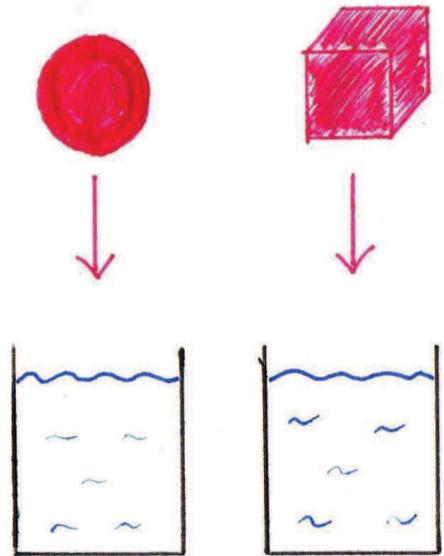
Kreuze an. Eine Antwort ist richtig!

<input type="checkbox"/>	 offene Tüte	→	 im Schrank gelagert	 offene Tüte	→	 im Kühlschrank gelagert
<input type="checkbox"/>	 offene Tüte	→	 im Kühlschrank gelagert	 geschlossene Tüte	→	 im Schrank gelagert
<input type="checkbox"/>	 offene Tüte	→	 im Schrank gelagert	 geschlossene Tüte	→	 im Schrank gelagert
<input type="checkbox"/>	Test  offene Tüte	→	 im Schrank gelagert	Testwiederholung  offene Tüte	→	 im Schrank gelagert

Aufgabe 4

Leonie will folgende Fragestellung untersuchen:

Sinken Gegenstände mit unterschiedlichen Formen gleich schnell, wenn man sie in ein Wasserbad fallen lässt?



Welche Eigenschaften darf sie im Experiment **nicht** verändern?

Kreuze an. Mehrere Antworten sind richtig!

- Die Höhe, aus der die Gegenstände fallen
- Die Wassertiefe
- Die Geschwindigkeit, mit der die Gegenstände sinken
- Die Form der Gegenstände
- Das Gewicht der Gegenstände

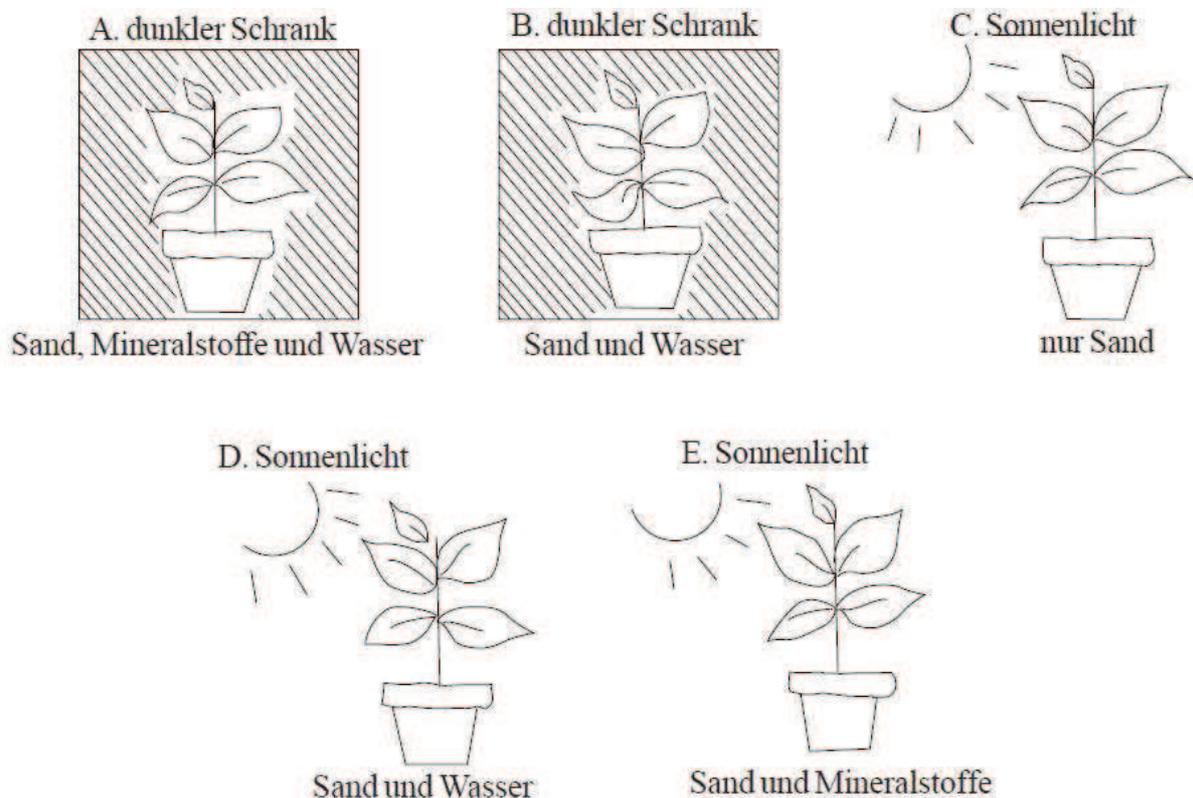
Aufgabe 5

Sabine vermutet, dass Pflanzen zum gesunden Wachstum Mineralstoffe aus dem Boden brauchen. Sie stellt eine Pflanze in die Sonne, wie man in folgendem Bild sieht.

Sonnenlicht



Um ihre Vermutung zu überprüfen, braucht Sabine zum Vergleichen noch eine weitere Pflanze. Kreuze an, welche der folgenden Pflanzen sie nehmen soll.



Anhang A5:
Posttest für die Erprobung

Post-Test:

Trage hier bitte nur den dritten Buchstaben deines Vornamens und den letzten Buchstaben deines Nachnamens ein (z.B. Lisa Meier = <input type="text" value="S"/> <input type="text" value="R"/>)	<input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/>
Trage hier bitte nur deinen Geburtstag ein (z.B. 30 , wenn du am 30.12.1999 Geburtstag hast)	<input type="text" value=""/>
Trage hier bitte ein, welches Geschlecht du hast (w eiblich = w / m ännlich = m)	<input type="text" value=""/>

Lies dir die Aufgaben gut durch, bevor du sie bearbeitest.

Aufgabe 1

Verbinde die Begriffe auf der linken Seite mit den richtigen Erklärungen auf der rechten Seite.

abhängige Variable

...nennt man in einem Experiment das, was gezielt verändert wird.

Testvariable

...nennt man in einem Experiment das, was nicht verändert wird.

Kontrollvariable

...nennt man in einem Experiment das, dessen Veränderung beobachtet wird.

Aufgabe 2



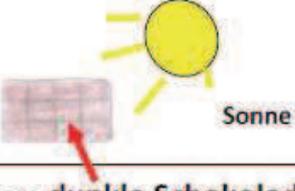
Idee von Tim und Anna:

Je dunkler die Schokolade, desto schneller schmilzt sie.



Tim und Anna prüfen ihre Idee, indem sie beobachten wie schnell unterschiedlich dunkle Schokolade am gleichen Ort schmilzt.

Wie prüfen Tim und Anna ihre Idee? Kreuze an. Eine Antwort ist richtig!

<input type="checkbox"/>	Test  <p>Fensterbank</p> <p>Beobachtung: dunkle Schokolade</p>	Testwiederholung  <p>Fensterbank</p> <p>Beobachtung: dunkle Schokolade</p>
<input type="checkbox"/>	 <p>Fensterbank</p> <p>Beobachtung: dunkle Schokolade</p>	 <p>Sonne</p> <p>Beobachtung: dunkle Schokolade</p>
<input type="checkbox"/>	 <p>Sonne</p> <p>Beobachtung: dunkle Schokolade</p>	 <p>Fensterbank</p> <p>Beobachtung: weiße Schokolade</p>
<input type="checkbox"/>	 <p>Fensterbank</p> <p>Beobachtung: weiße Schokolade</p>	 <p>Fensterbank</p> <p>Beobachtung: dunkle Schokolade</p>

Aufgabe 3

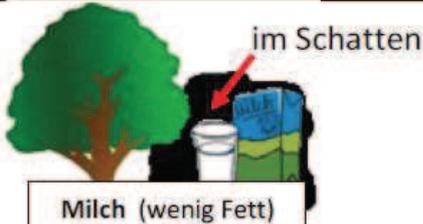


Idee von Tim und Anna:

Je weniger Fett in der Milch enthalten ist, desto länger ist sie haltbar.

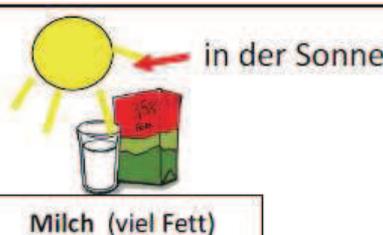
Wie können Tim und Anna ihre Idee prüfen?

Kreuze an. Eine Antwort ist richtig!

<input type="checkbox"/>		
--------------------------	---	--

<input type="checkbox"/>		
--------------------------	---	--

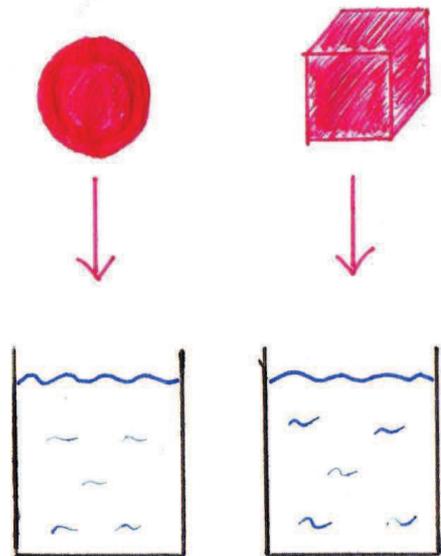
<input type="checkbox"/>	<p>Test</p> 	<p>Testwiederholung</p> 
--------------------------	--	---

<input type="checkbox"/>		
--------------------------	---	--

Aufgabe 4

Leonie will folgende Fragestellung untersuchen:

Sinken Gegenstände mit unterschiedlichen Formen gleich schnell, wenn man sie in ein Wasserbad fallen lässt?



Welche Eigenschaften darf sie im Experiment **nicht** verändern?

Kreuze an. Mehrere Antworten sind richtig!

- Die Geschwindigkeit, mit der die Gegenstände sinken
- Die Höhe, aus der die Gegenstände fallen
- Die Form der Gegenstände
- Das Gewicht der Gegenstände
- Die Wassertiefe

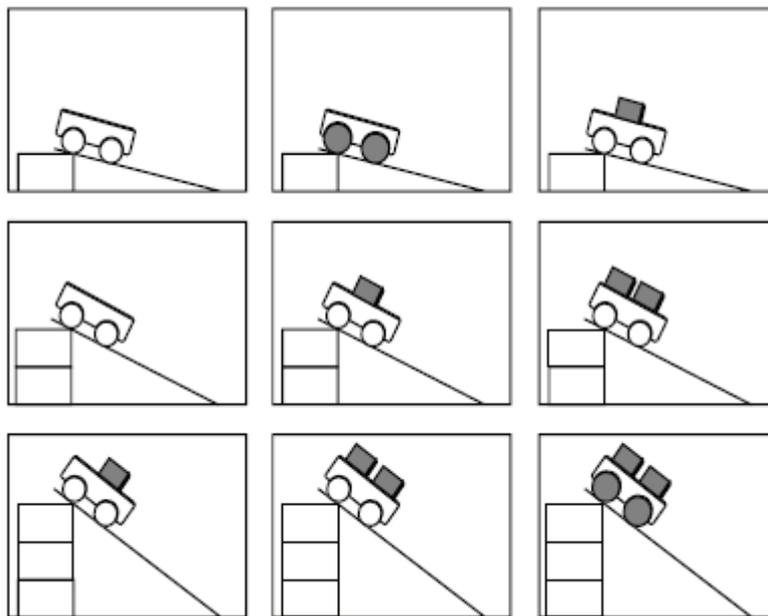
Aufgabe 5

Die Zeichnungen zeigen mehrere Versuche, die Andrea mit Wagen mit unterschiedlich großen Rädern durchgeführt hat. Sie hat sie von unterschiedlichen Höhen hinab rollen lassen. Sie möchte folgende Vermutung überprüfen:

Je schwerer ein Wagen ist, desto größer ist seine Geschwindigkeit am Fuß der Rampe.

Welche drei Versuche darf Andrea vergleichen?

Kreuze die drei Versuche an!



Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwandt und die Stellen, die anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinne nach entnommen sind, mit Quellenangaben kenntlich gemacht habe. Auch aus anderen Quellen entnommene Bilder und Abbildungen sind in entsprechender Weise gekennzeichnet.

(Anselm Hinckel)