

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

Thema:

Entwicklung und Erprobung einer Lerneinheit zum  
Planen naturwissenschaftlicher Untersuchungen für  
die Sekundarstufe II

Verfasserin:

Nadine Bachmann

Jahnstraße 33

35394 Gießen

Gutachterin:

Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter

## **Inhaltsverzeichnis**

1	Einleitung .....	2
2	Theorie.....	5
2.1	Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen .....	5
2.1.1	Hypothesen generieren .....	7
2.1.2	Experimente planen und durchführen.....	7
2.1.3	Empirische Befunde interpretieren.....	8
2.2	Naturwissenschaftlicher Unterricht .....	8
2.2.1	Rahmenvorgaben .....	9
2.2.2	Empirische Befundlage .....	14
3	Didaktische Rekonstruktion.....	18
3.1	Fachliche Klärung.....	18
3.2	Erfassen der Lernerperspektive .....	19
3.3	Didaktische Strukturierung des Lernmaterials .....	21
4	Fragestellungen der Arbeit.....	39
5	Datenerhebung und Auswertung .....	40
6	Ergebnisse der Erprobung .....	43
6.1	Ergebnisse .....	43
6.2	Änderungsvorschläge.....	57
6.3	Antworten auf die Fragestellungen aus Kapitel 4 .....	59
7	Zusammenfassung & Ausblick.....	61
A.	Literaturverzeichnis .....	63
B.	Anhang I – Lernmaterial.....	67
C.	Anhang II – Hilfe- und Kontrollkarten .....	84
D.	Anlage III - Kegelvorgaben.....	105
E.	Eigenständigkeitserklärung .....	109

## 1 Einleitung

*„Naturwissenschaftliche Bildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung.“*

*(Bildungsstandards im Fach Physik, 2004, S. 6)*

Dieser Ausschnitt aus den 2004 beschlossenen Bildungsstandards für das Fach Physik gibt erste Hinweise darüber, dass der bisher überwiegend inhaltsorientierte Physikunterricht umgestaltet werden muss. Das Augenmerk soll nicht mehr allein auf den fachlichen Inhalten liegen, sondern auf der naturwissenschaftlichen Bildung, deren Ziel eine naturwissenschaftliche Kompetenz sein soll, die es erlaubt als mündiger Bürger am gesellschaftlichen Leben teilnehmen zu können. Die folgenden Kompetenzen nach Hammann (2006, S. 67) sind dabei als Elemente dieser naturwissenschaftlichen Bildung von zentraler Bedeutung:

- 1) naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen
- 2) naturwissenschaftliche Phänomene beschreiben
- 3) naturwissenschaftliche Evidenz nutzen.

Sie bilden die Grundlage für die Teilnahme am gesellschaftlichen Leben in einer immer „mehr“ technisch orientierteren Gesellschaft. Damit diese Kompetenzen erreicht werden können, ist jedoch eine Umgestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts notwendig. Es gilt den Schülerinnen und Schülern (im Folgenden SuS) nicht mehr allein das fachinhaltliche Wissen zu vermitteln, sondern auch das Wissen über die Methoden der Naturwissenschaften nahe zu bringen.

Mit den geforderten Bildungsstandards greift die Kultusministerkonferenz (im Folgenden KMK) aber nicht nur die international debattierte Forderung nach „Scientific Literacy“<sup>1</sup> auf, sondern reagiert auch auf die Ergebnisse der PISA<sup>2</sup>-Studien von 2000,

---

<sup>1</sup> Internationale Bezeichnung für naturwissenschaftliche Grundbildung (Hammann, 2006)

<sup>2</sup> Programme for International Student Assessment

2003 und 2006, welche ebenfalls auf einer Idee von Scientific Literacy aufbauen. Alle drei Studien beinhalten Aufgaben zum Testen der naturwissenschaftlichen Kompetenz. Die Ergebnisse von PISA 2006 sind jedoch besonders aussagekräftig, weil dort die Naturwissenschaften den Schwerpunkt bildeten und dank eines größeren Testumfangs die drei Teilkompetenzen differenzierter untersucht werden konnten.

Die Ergebnisse zeigen, dass die deutschen SuS zwar leicht über dem OECD-Durchschnitt liegen, aber mit einer Standardabweichung von 115 Punkten eine große Leistungsverteilung aufweisen.

Den Ergebnissen nach zu urteilen, nahm die naturwissenschaftliche Kompetenz von 2000 bis 2006 deutlich zu, jedoch liegen die deutschen SuS immer noch „nur“ im Mittelfeld. Betrachtet man die Ergebnisse aus den Tests und die Ergebnisse aus den Befragungen der SuS, wird deutlich, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der naturwissenschaftlichen Kompetenz und einem Unterricht, in dem die SuS selbstständig planen und durchführen dürfen, aber auch das Schlussfolgern und Generieren eigener Ideen eine wichtige Rolle spielt, besteht (Hammann, 2006, S.73).

Im Zuge der vorgelegten Arbeit zu dem Thema „Entwicklung und Erprobung einer Lerneinheit zum Planen naturwissenschaftlicher Untersuchungen für die Sekundarstufe II“ wurde eine Lerneinheit entwickelt, die es zum Ziel hat, dass SuS naturwissenschaftliche Arbeitsweisen kennen lernen und Kompetenzen im Sinne der naturwissenschaftlichen Kompetenz entwickeln. Inwieweit die SuS diese angestrebten Kompetenzen entwickeln, soll mithilfe einer Erprobung überprüft werden.

Um zu verstehen, worum es in der Lerneinheit geht, werden zunächst im Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen näher erläutert. Außerdem werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen und die momentane Entwicklung des Physikunterrichts beleuchtet. Kapitel 3 verdeutlicht im Anschluss auf dem Hintergrund der Didaktischen Rekonstruktion die Entwicklung des Materials, welchem der Schwerpunkt „Planen und Durchführen von Experimenten“ zugrunde liegt. Das Kapitel 4 beinhaltet

die Fragestellungen, die im Rahmen der Erprobung untersucht werden sollen. Kapitel 5 beleuchtet die Datenerhebung und das methodische Vorgehen bei der Auswertung der Lerneinheiten. Daran schließt sich Kapitel 6 mit der Analyse der Erprobungsergebnisse an. Neben den gewonnenen Ergebnissen werden auch Änderungsvorschläge unterbreitet und die in Kapitel 4 aufgestellten Fragen mit Hinblick auf die Ergebnisse beantwortet. Kapitel 7 beinhaltet abschließend neben der Zusammenfassung einen Ausblick bezüglich des weiteren Umgangs mit den Daten und der Lerneinheit.

## **2 Theorie**

Eine Einführung in die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen soll den SuS helfen zu verstehen, „was die Naturwissenschaften eigentlich sind, welche Bedeutung sie haben, wie sie die Welt betrachten und wie sie sich ihren Gegenständen nähern“ (Duit, Gropengießer & Stäudel, 2007, S. 4). Um sich der Frage zu nähern, wie naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in den Physikunterricht eingebunden werden können, muss zunächst betrachtet werden, was unter naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen verstanden wird und welche Kompetenzen die SuS im Zuge dieser Förderung erlangen sollen. Um naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht verwirklichen zu können, sollten sich Lehrkräfte mit den gesetzlichen Rahmenbedingungen vertraut machen und damit auseinandersetzen, wie der bisherige naturwissenschaftliche Unterricht gestaltet wird. Studien, die sich mit der Gestaltung des Unterrichts auseinandergesetzt haben, können Aufschluss darüber geben, inwieweit naturwissenschaftliche Arbeiten bereits im Unterricht umgesetzt werden. Auf die IPN<sup>3</sup>-Videostudie wird im Laufe der Arbeit näher eingegangen.

In den folgenden Teilkapiteln werden zunächst die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen näher erläutert, bevor die momentan geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Physikunterricht beleuchtet werden. Abschluss des Kapitels bildet die Beschreibung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf Basis der IPN-Videostudie.

### **2.1 Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen**

Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen dienen einerseits zum „Erwerb wichtiger Aspekte des Fachlichen, andererseits um Beiträge zur Entwicklung allgemeiner Fähigkeiten“ (Duit, Gropengießer & Stäudel, 2007, S. 5) zu leisten. Zu diesen allgemeinen Fähigkeiten gehört unter anderem Untersuchungen planen, was für die vorliegende Arbeit von besonderer Bedeutung ist.

In der fachdidaktischen Literatur werden die (Teil-)Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen unterschiedlich definiert. Eine

---

<sup>3</sup> IPN = Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften

Auflistung verschiedener Definitionen findet sich bei Mikelskis-Seifert und Duit (2010).

Der abgebildete Kreislauf samt seiner Teilbereiche orientiert sich an der Darstellung, die im Zuge des Projekts PHYSIK IM KONTEXT entwickelt wurde (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010).

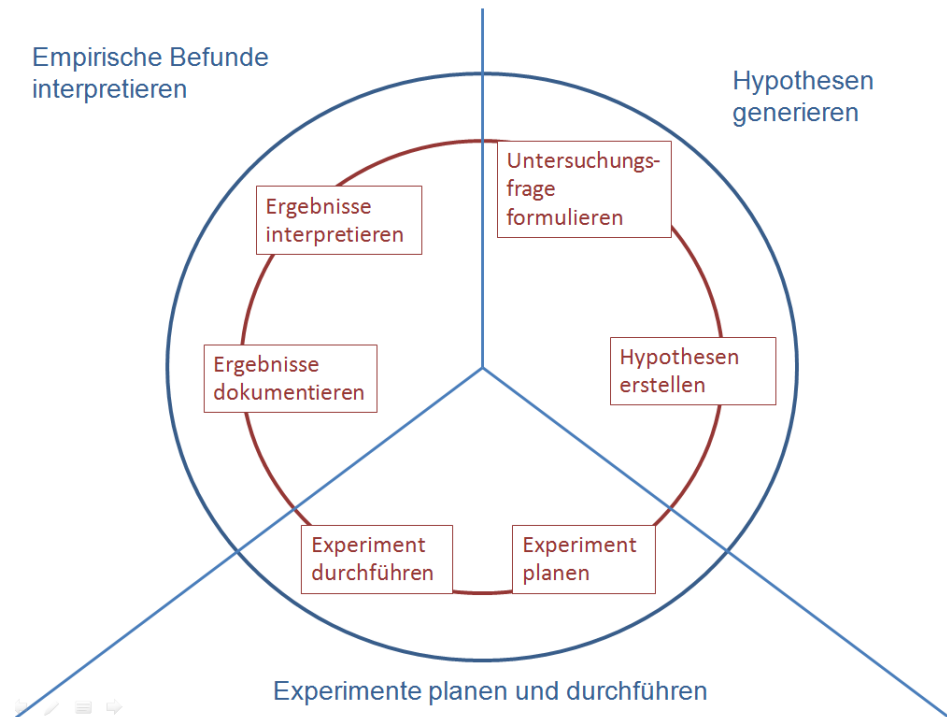


Abbildung 1: Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (in Anlehnung Mikelski-Seifert & Duit, 2010, S. 2)

Das Modell beschreibt einen Kreislauf, der bei einer vollständigen naturwissenschaftlichen Untersuchung komplett durchlaufen werden sollte. Dabei unterscheidet das Modell die folgenden drei Teilbereiche:

- 1) Hypothesen generieren
- 2) Experimente planen und durchführen
- 3) Empirische Befunde interpretieren.

Diesen drei Teilbereichen werden jeweils zwei unterschiedliche Arbeitsweisen zugeordnet, welche in Kapiteln 2.1.1 bis 2.1.3 näher erörtert werden. Sofern nicht gesondert kenntlich gemacht, orientieren sich die Erläuterungen an Mikelskis-Seifert und Duit (2010).

### **2.1.1 Hypothesen generieren**

Zu diesem ersten Teilbereich gehören zum einen das Formulieren einer Untersuchungsfrage und zum anderen das Erstellen von Hypothesen. Die Untersuchungsfrage, wie auch die Hypothesen werden aus bekannten Theorien, Modellen oder aus Vorwissen abgeleitet.

Die Untersuchungsfrage bildet dabei den Ausgangspunkt einer naturwissenschaftlichen Untersuchung, d.h. sie gibt an, was überhaupt untersucht werden soll. Die naturwissenschaftliche Fragestellung ist mit naturwissenschaftlichen Methoden (bspw. einem Experiment) untersuchbar und grenzt sich dadurch von sozial- und geisteswissenschaftlichen Fragestellungen ab. Die Hypothesen hingegen erfassen einen Zusammenhang, der im Rahmen der Untersuchungsfrage untersucht werden soll (Vorholzer, 2012).

Da eine Fragestellung mehrere Zusammenhänge zulässt, können mehrere Hypothesen aufgestellt werden. Für die experimentelle Überprüfung muss jedoch zunächst eine der Hypothesen ausgewählt werden.

### **2.1.2 Experimente planen und durchführen**

In diesem Teilbereich finden sich die Arbeitsweisen Experiment planen und Experiment durchführen.

Das Experiment zeichnet sich durch das systematische Variieren von veränderbaren Größen – auch Variablen genannt – aus und muss so geplant werden, dass die aufgestellte Hypothese geprüft und verifiziert oder falsifiziert werden kann. Man unterscheidet bei einem Experiment zwischen abhängigen, unabhängigen und Kontrollvariablen. Ein Experiment untersucht in der Regel den Zusammenhang zwischen einer bestimmten abhängigen Variablen und unabhängigen Variablen, die Einfluss auf die abhängige Variable nehmen können. Als Kontrollvariablen werden alle Variablen bezeichnet, die verändert werden können, jedoch in einer Untersuchung konstant gehalten werden. Bei der Planung ist darauf zu achten, dass möglichst nur die eine unabhängige Variable verändert wird, deren Einfluss überprüft werden soll (Vorholzer, 2012).



Dieses systematische Variieren der Variablen wird auch als Variablenkontrolle bezeichnet und soll systematische Fehler verhindern bzw. so klein wie möglich halten.

Da die Variablenkontrolle den zentralen Aspekt, der im Zuge der Arbeit entwickelten Lerneinheit, darstellt, werden an einem einfach gehaltenen Beispiel die verschiedenen Variablen verdeutlicht.

Mithilfe eines Versuchs soll untersucht werden, ob die Farbe der Kabel einen Einfluss auf das Leuchten einer Lampe in einem einfachen Stromkreis hat. Das Leuchten der Lampe ist also die abhängige Variable und die Farbe der Kabel die unabhängige Variable. Alle anderen Variablen wie zum Beispiel Kabellänge, Kabeldicke, verwendetes Netzgerät, usw. sollten bei der Untersuchung der verschiedenen Farben möglichst unverändert bleiben, da sie die Kontrollvariablen darstellen.

Bei der anschließenden Durchführung sollte auf ein genaues, interpretationsfreies Dokumentieren der Ergebnisse geachtet werden. Messunsicherheiten sollten möglichst gering gehalten werden und können im Allgemeinen durch mehrfaches Wiederholen der Messung verringert werden (Vorholzer, 2012).

### **2.1.3 Empirische Befunde interpretieren**

Empirische Befunde interpretieren bildet den letzten Teilbereich einer naturwissenschaftlichen Untersuchung. In diesem Bereich müssen die im Experiment gewonnenen Daten „ausgewertet, mit theoretischen Vorüberlegungen verglichen und aufgrund einer Theoriebasis interpretiert“ (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010, S.2) werden.

Dabei bezieht sich die Interpretation immer auf alle gewonnenen Daten. Sie soll außerdem direkten Bezug auf die Fragestellung bzw. Hypothese nehmen und diese verifizieren oder falsifizieren. Unter Umständen kann die Interpretation zu einer neuen oder veränderten Hypothese führen (Vorholzer, 2012).

## **2.2 Naturwissenschaftlicher Unterricht**

Im Folgenden wird auf die momentan geltenden gesetzlichen Rahmenvorgaben für den hessischen Physikunterricht eingegangen

und Befunde dargestellt, die Aufschluss über den bisherigen naturwissenschaftlichen Unterricht geben.

### 2.2.1 Rahmenvorgaben

Bevor die Bildungsstandards (KMK, 2004) zu Beginn des Schuljahres 2005/ 2006 als Grundlage für den Unterricht in Kraft getreten sind, bildete der inhaltsbezogene Lehrplan den gesetzlichen Rahmen für die Unterrichtsgestaltung.

Mit der Einführung der bundesweiten Bildungsstandards wurden erstmals Kompetenzen festgelegt, die SuS am Ende der Sekundarstufe I, also mit Erhalt des Mittleren Schulabschlusses, erreicht haben sollen. Andere Länder arbeiten bereits mit konkreten aber länderspezifischen Bildungsstandards. Die USA beispielsweise haben ihre Standards bereits vor ca. 20 Jahren eingeführt und können daher Erfahrungen aus diesen 20 Jahren vorweisen (Schanze & Nentwig, 2008).

Seit dem 18.10.2012 sind auch Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife beschlossen, allerdings nur für die Fächer Mathematik, Deutsch und die weiterführende Sprache (Englisch/ Französisch) (KMK, 2012 a)- c)).

Die für das Fach Physik festgelegten Standards können wiederum den vier Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung zugeordnet werden. In Abbildung 2 sind die Kompetenzbereiche tabellarisch mit Erläuterungen aufgelistet.

Kompetenzbereiche im Fach Physik	
Fachwissen	Physikalische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen
Erkenntnisgewinnung	Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen
Bewertung	Physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

Abbildung 2: Kompetenzbereiche Physik (in Anlehnung an KMK, 2004, S. 7)

Der Kompetenzbereich Fachwissen wird zusätzlich durch die Festlegung von vier Basiskonzepten (Materie, Energie, Wechselwirkung und System) vertikal vernetzt und erhält somit eine inhaltliche Dimension. Diese inhaltliche Dimension lässt allerdings genügend Spielraum für die länderspezifischen Anforderungen. Die Kompetenzen aus den restlichen drei Kompetenzbereichen bilden dazu passend die handlungsorientierte Dimension, die im Zusammenspiel mit der inhaltlichen Dimension physikalisches Arbeiten überhaupt erst möglich macht.

Die Kompetenzen in den einzelnen Kompetenzbereichen sind wiederum in drei Anforderungsbereiche aufgeteilt. Im Bereich Fachwissen lauten die drei Anforderungen „Wissen wiedergeben“, „Wissen anwenden“ und „Wissen transferieren und vernetzen“.

Die Anforderungsbereiche stellen jedoch keine Schwierigkeitsgrade dar. Es darf also nicht direkt daraus geschlossen werden, dass eine Aufgabe mit einem Merkmal aus Anforderungsbereich III schwieriger wäre, als eine Aufgabe mit einem Merkmal aus Anforderungsbereich I. Abbildung 3 fasst nochmal abschließend die von der KMK geforderten Kompetenzen, unterteilt nach Kompetenz- und Anforderungsbereich, zusammen.

		Anforderungsbereich		
		I	II	III
<b>Kompetenzbereich</b>	Fachwissen	<i>Wissen wiedergeben</i> Fakten und einfache physikalische Sachverhalte reproduzieren.	<i>Wissen anwenden</i> Physikalische Wissen in einfachen Kontexten anwenden, einfache Sachverhalte identifizieren und nutzen, Analogien benennen.	<i>Wissen transferieren und verknüpfen</i> Wissen auf teilweise unbekannte Kontexte anwenden, geeignete Sachverhalte auswählen.
	Erkenntnisgewinnung	<i>Fachmethoden beschreiben</i> Physikalische Arbeitsweisen, insbesondere experimentelle, nachvollziehen bzw. beschreiben.	<i>Fachmethoden nutzen</i> Strategien zur Lösung von Aufgaben nutzen, einfache Experimente planen und durchführen, Wissen nach Anleitung erschließen.	<i>Fachmethoden problembezogen auswählen und anwenden</i> Unterschiedliche Fachmethoden, auch einfaches Experimentieren und Mathematisieren, kombiniert und zielgerichtet auswählen und einsetzen, Wissen selbstständig erwerben.
	Kommunikation	<i>Mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten</i> Einfache Sachverhalte in Wort und Schrift oder einer anderen vorgegebenen Form unter Anleitung darstellen, sachbezogene Fragen stellen.	<i>Geeignete Darstellungsformen nutzen</i> Sachverhalte fachsprachlich und strukturiert darstellen, auf Beiträge anderer sachgerecht eingehen, Aussagen sachlich begründen.	<i>Darstellungsformen selbstständig auswählen und nutzen</i> Darstellungsformen sach- und adressatengerecht auswählen, anwenden und reflektieren, auf angemessenem Niveau begrenzte Themen diskutieren.
	Bewertung	<i>Vorgegebene Bewertungen nachvollziehen</i> Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse benennen, einfache, auch technische Kontexte aus physikalischer Sicht erläutern.	<i>Vorgegebene Bewertungen beurteilen und kommentieren</i> Den Aspektcharakter physikalischer Betrachtungen aufzeigen, zwischen physikalischen und anderen Bewertung unterscheiden.	<i>Eigene Bewertungen vornehmen</i> Die Bedeutung physikalischer Kenntnisse beurteilen, physikalische Erkenntnisse als Basis für die Bewertung eines Sachverhalts nutzen, Phänomene in einen physikalischen Kontext einordnen.

Abbildung 3: Kompetenzmatrix (in Anlehnung an KMK, 2004, S. 13/ 14)

Die Bildungsstandards allein bilden jedoch nicht den gesetzlichen Rahmen. Mit der Einführung der Bildungsstandards haben sich die Bundesländer verpflichtet, im Rahmen selbst entwickelter Kerncurricula die aufgeführten Kompetenzen zu berücksichtigen.

Die Kompetenzbereiche der KMK Bildungsstandards wurden nahezu wörtlich für alle naturwissenschaftlichen Fächer in das hessische Kerncurriculum übernommen und durch Unterteilung in Teilbereiche weiter konkretisiert (Hessisches Kultusministerium, 2011).

Kompetenzbereiche	Teilbereiche
Erkenntnisgewinnung	Beobachten, beschreiben, vergleichen Planen, untersuchen, auswerten, interpretieren Arbeiten mit Modellen
Kommunikation	Arbeiten mit Quellen Kommunizieren, argumentieren Dokumentieren, präsentieren Verwenden von Fach- und Symbolsprache
Bewertung	Beurteilen von Alltagskontexten mit naturwissenschaftlichen Kenntnissen Abwägen und bewerten von Handlungsfolgen auf Natur und Gesellschaft Reflektieren und bewerten von Handlungsoptionen als Grundlage für gesellschaftliche Partizipation
Nutzung fachlicher Konzepte	Konzeptbezogenes Strukturieren von Sachverhalten Vernetzen von Sachverhalten und Konzepten Problemorientiertes und konzeptbezogenes Erschließen von Sachverhalten

Abbildung 4: Kompetenzbereiche (in Anlehnung an HKM<sup>4</sup>, 2011, S. 13)

Die Teilbereiche verdeutlichen die Verbindung von Fachwissen und Wissen über die Naturwissenschaften. Das Thema dieser Arbeit „Entwicklung und Erprobung einer Lerneinheit zum Planen naturwissenschaftlicher Untersuchungen für die Sekundarstufe II“ gehört also augenscheinlich in den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung.

Hessen verknüpft die Bildungsstandards mit sogenannten Inhaltsfeldern (siehe Abbildung 5).

---

<sup>4</sup> Hessisches Kultusministerium

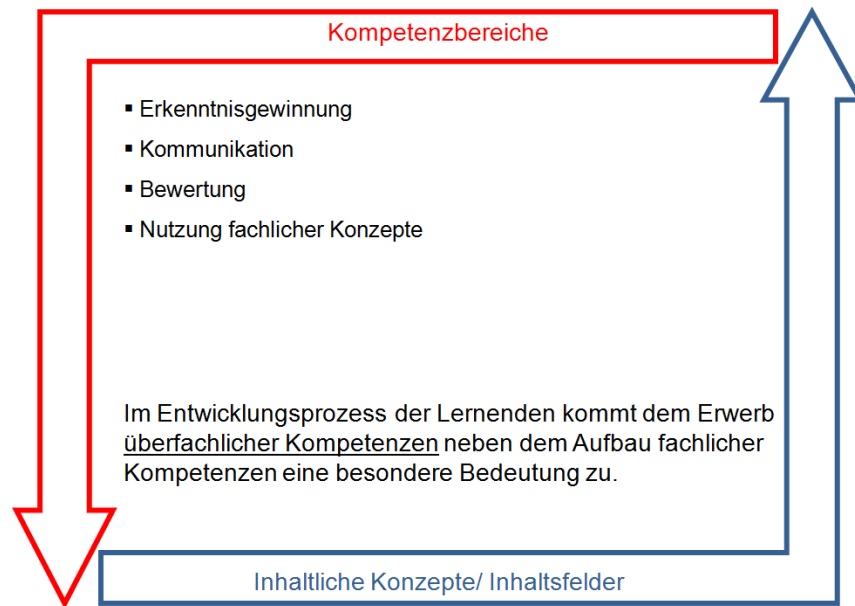


Abbildung 5: Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder (in Anlehnung an HKM, 2011, S. 14)

Diese Inhaltsfelder sollen eine inhaltliche Gliederung vorgeben, während die Basiskonzepte dazu quer vernetzende Perspektiven aufzeigen und zur Strukturierung des erworbenen Fachwissens dienen.

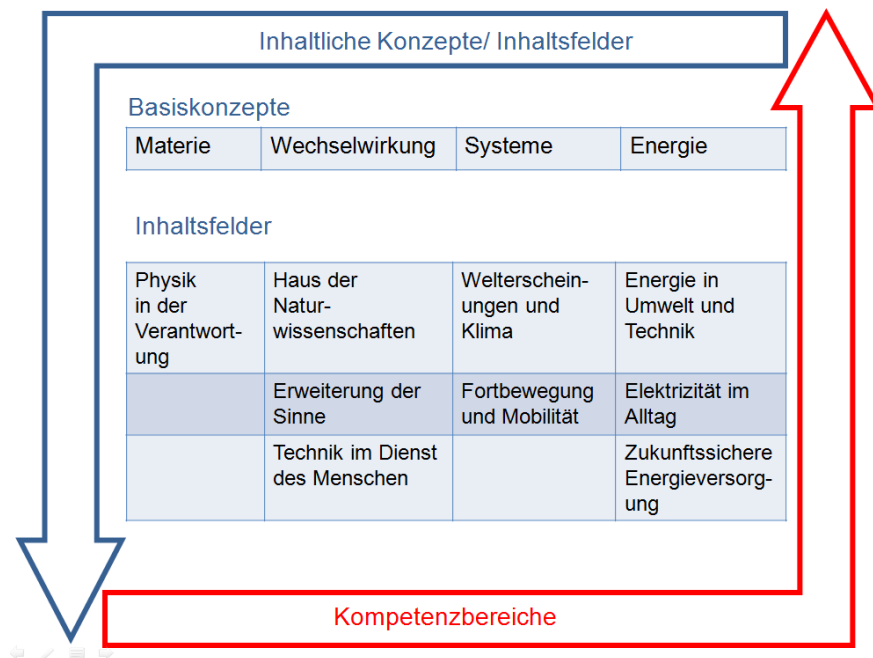


Abbildung 6: Inhaltskonzepte und Basiskonzepte (in Anlehnung an HKM, 2011, S. 17)

Sie beinhalten jeweils nur inhaltliche Schwerpunkte und Schlüsselbegriffe. Identitätsbildung, Alltagsbewältigung, Ausbildungsreife und gesellschaftliche Partizipation sind die Kriterien nach denen

die Inhaltsfelder ausgewählt werden können. Das hessische Kerncurriculum wiederum soll lediglich als Grundlage für Schulcurricula dienen, die schulintern entwickelt werden. Hessen will den Schulen damit Gestaltungsräume eröffnen, damit die Schulen Interessen und Neigungen der Lernenden situationsbezogen einbeziehen können.

„Damit wird das schuleigene Curriculum zum Bindeglied zwischen dem Kerncurriculum und der individuellen Unterrichtsgestaltung“ (HKM, 2011, S.6).

Neben den Kompetenzen der Bildungsstandards fordert das Kerncurriculum zusätzlich überfachliche Kompetenzen. Diese können den Bereichen Personale Kompetenz, Sozialkompetenz, Lernkompetenz und Sprachkompetenz zugeordnet werden. Aufgrund der hohen Komplexität der sich überlagernden Teilaspekte ist jedoch eine trennscharfe Unterscheidung nicht immer möglich (HKM, 2011).

### **2.2.2 Empirische Befundlage**

Das Experiment stellt bei naturwissenschaftlichen Untersuchungen eine wichtige Methode zur Untersuchung von Ursache-Wirkung-Zusammenhängen dar. Es bietet die Möglichkeit, den Einfluss verschiedener Variablen unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen. Daher stellt das Experiment ein zentrales Element der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen dar.

Die IPN-Videostudie gibt Aufschluss darüber, wie der deutsche Physikunterricht in der Sekundarstufe I aufgebaut ist (Duit, 2005).

Anhand von Interviews, Videoaufzeichnungen und Fragebögen konnte herausgefunden werden, dass der Unterricht in der Regel sehr lehrerorientiert ist und nur ca. 17% der Unterrichtszeit auf Schülerarbeitsphasen entfallen. Das Klassengespräch, welches im Durchschnitt genauso viel Unterrichtszeit pro Stunde einnimmt wie der Lehrervortrag, ist jedoch meist eng geführt und durch seinen fragend-entwickelnden Stil meist ein Dialog zwischen Lehrer und einzelnen SuS. Das Experiment – einschließlich Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung – füllt im Mittel 70% des Unterrichts. Auf das Schülerexperiment entfallen 11% und auf das

Demonstrationsexperiment 7% der Unterrichtszeit. Jedoch gibt es hier große Unterschiede zwischen den Lehrkräften (Duit, 2005).

Diese Ergebnisse legen nahe, dass das Experiment als Methode naturwissenschaftlicher Untersuchungen bereits fest im Physikunterricht etabliert ist. Problematisch ist jedoch, dass das Experiment meist zur Aneignung von Fachwissen eingesetzt wird. Das bedeutet die SuS haben in der Regel wenig Gelegenheit, Experimente eigenständig zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Dies führt wiederum dazu, dass die SuS nicht die gewünschten naturwissenschaftlichen Kompetenzen entwickeln können. Das Experiment als zentrales Element naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen nimmt also einen großen Teil der Unterrichtszeit ein, erzielt aber nicht den gewünschten Effekt auf Seiten der SuS (Duit, 2005).

Das Problem einer durchschnittlichen naturwissenschaftlichen Kompetenz auf Seiten der SuS wird durch die Ergebnisse der internationalen Vergleichsstudien PISA und TIMSS III<sup>5</sup> unterstützt.

Aus den Ergebnissen von PISA 2006 geht hervor, dass vor allem die SuS mit höheren naturwissenschaftlichen Kompetenzen angaben, ihr Unterricht biete Möglichkeiten zum selbstständigen Planen und Durchführen, zum Schlussfolgern und zum Generieren von eigenen Ideen (Hammann, 2006, S. 73).

Betrachtet man die Ergebnisse im Detail, so wird deutlich, dass die SuS die Teilkompetenz „naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen“ im Vergleich zu den beiden anderen Teilkompetenzen am wenigstens beherrschten. Dies könnte daran liegen, dass das Wissen über die Naturwissenschaften weniger Raum im Unterricht einnimmt, als die Vermittlung naturwissenschaftlichen Wissens, und dass das Wissen über die Ziele und Vorgehensweisen noch nicht ausreichend durch entsprechende Unterrichtsansätze unterstützt wird. Am besten im Vergleich zu den anderen beiden Teilkompetenzen beherrschen die SuS die Teilkompetenz „naturwissenschaftliche Phänomene erklären“. Grund hierfür könnte der traditionelle Physikunterricht sein, der auf die

---

<sup>5</sup> Third International Mathematics and Science Study



Vermittlung von Fachwissen und das Erklären von Zusammenhängen abzielt. Im Vergleich zu den anderen Staaten zeigen die deutschen SuS mit einer überdurchschnittlichen Standardabweichung von 115 Punkten eine große Leistungsstreuung (Hammann, 2006, S.71).

Im Gegensatz zu 2000 liegt Deutschland 2006 nicht mehr unter dem OECD-Durchschnitt von 500 Punkten. Allerdings liegen die deutschen SuS mit erreichten 516 Punkten nur leicht über dem Durchschnitt und immer noch weit hinter der Spitze, die weiterhin Finnland bildet (Hammann, 2006).

Auch die TIMSS III-Studie zeigt, dass die SuS im unteren Bereich des internationalen Mittelfeld sind, es aber eine relativ große Streuung innerhalb und zwischen den Schularten gibt. Bei den SuS der Oberstufe zeigt sich, dass sie ein gutes Faktenwissen haben, aber das Verständnis zentraler Begriffe und Konzepte eher schlecht ist. Außerdem beschreiben die SuS den Physikunterricht aus ihrer Perspektive als stark lehrerzentriert. Diese für Deutschland als Wissensgesellschaft katastrophalen Ergebnisse sorgten für eine Bewegung in der Politik. Es wurden Problemfelder benannt und das Schulprogramm SINUS<sup>6</sup> initiiert (Baumert, J., Bos, W., Brockmann, J., et al. (2000)). Insgesamt sollten 11 Bereiche verbessert werden. Dazu zählen unter anderem die folgenden vier:

- (1) Weiterentwicklung der Aufgabenkultur
- (2) Naturwissenschaftliches Arbeiten
- (3) Kumulatives Lernen
- (4) Fächerübergreifendes Arbeiten.

Zentrale Punkte des Schulprogramms waren die professionelle Entwicklung von Lehrkräften, Innovation im mathematischen-naturwissenschaftlichen Unterricht und Verbesserung der Lernprozesse von SuS, ihrer Leistungen und Einstellungen. Dazu entwickelten die Schulen zu verschiedenen selbstgewählten Modulen Unterrichtseinheiten. Diese Unterrichtsideen wurden dann über ein Netzwerk ausgetauscht. Zusätzlich wurden Fortbildungen, fachdidaktische Beratung und Informationen bereitgestellt (BLK, 1997).

---

<sup>6</sup> Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts

Bevor im folgenden Kapitel die Konstruktion des Lernmaterials auf dem Hintergrund der Didaktischen Rekonstruktion behandelt wird, werden die zentralen Aspekte des Kapitels Theorie noch einmal zusammengefasst.

Die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen bilden einen Kreislauf, der für eine naturwissenschaftliche Untersuchung vollständig durchlaufen werden muss. Dieser Kreislauf lässt sich in folgende drei Teilbereiche unterteilen:

- Hypothesen generieren
- Experimente planen und durchführen
- Empirische Befunde interpretieren

Schwerpunkt dieser Arbeit bildet eine selbst entwickelte Lerneinheit zu dem Bereich „Experimente planen und durchführen“.

Die KMK Bildungsstandards sowie das hessische Kerncurriculum stellen die momentan geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Hessen dar. Schulintern entwickelte Kerncurricula bilden wiederum die Grundlage für den Unterricht an der jeweiligen Schule. Vor allem durch die Bildungsstandards und das hessische Kerncurriculum haben die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen bereits den Weg in den Physikunterricht gefunden.

Fasst man nun die Ergebnisse der dargestellten Studien zusammen, so wird deutlich, dass die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen haben und nach und nach mehr Platz im Unterricht einnehmen. In Verbindung mit den (Fehl-)Vorstellungen (siehe Kapitel 3.2) der SuS, vor allem im Bereich Experimente, zeigen die Ergebnisse, dass weiterhin Handlungsbedarf besteht. Diese Arbeit bietet eine weitere Unterrichtsidee zur Einbindung der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen – insbesondere das Planen und Durchführen von Experimenten – in den Physikunterricht. Denn auch wenn sich die Befunde teils auf SuS der Sekundarstufe I beziehen, kann nicht davon ausgegangen werden, dass diese Probleme in der Sekundarstufe II nicht mehr vorhanden sind.

### 3 Didaktische Rekonstruktion

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (u.a. Kattmann, 2007) wurde mit dem Ziel entwickelt, dass Forschungsarbeiten lernförderlicher gestaltet werden. Damit greift das Modell das Problem auf, dass die Vermittlung von Wissen und damit verbundene pädagogische Aspekte meist nicht im Gleichgewicht zueinander stehen und so den Lernzuwachs hemmen. Das Modell, welches in Abbildung 7 dargestellt ist, setzt sich aus den drei Gebieten „Didaktische Strukturierung“, „Fachliche Klärung“ und „Erfassen der Lernerperspektive“ zusammen.

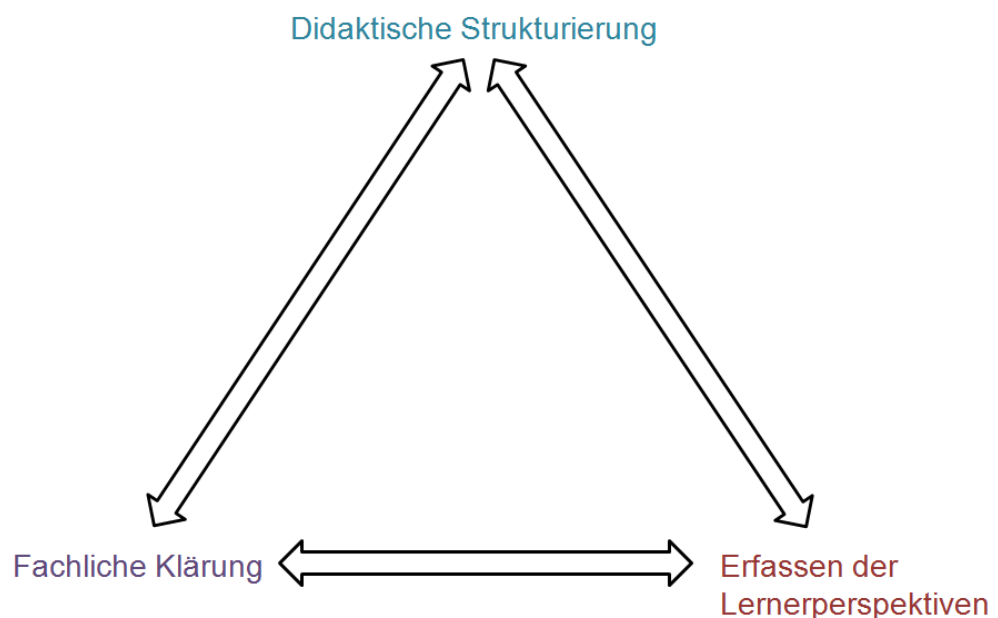


Abbildung 7: Didaktische Rekonstruktion (in Anlehnung an Kattmann, 2007, S. 94)

Diese Gebiete sollen als Teile fachdidaktischen Arbeitens untersucht und bei der Gestaltung von Lernmaterial aufeinander bezogen werden (Kattmann, 2007).

In den folgenden Kapiteln werden diese drei Gebiete in Hinblick auf die Konstruktion des vorliegenden Lernmaterials näher erläutert.

#### 3.1 Fachliche Klärung

„Die Untersuchungsaufgabe der fachlichen Klärung besteht in der kritischen und methodisch kontrollierten systematischen Untersuchung fachwissenschaftlicher Aussagen, Theorien, Methoden und Termini aus

fachdidaktischer Sicht, also in Vermittlungsabsicht“ (Kattmann, 2007, S. 94).

Die in Kapitel 0 aufgeführten naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen bilden den fachlichen Schwerpunkt der entwickelten Lerneinheit. Die fachliche Klärung beinhaltet also dementsprechend die Untersuchung dieser naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen. Daher kann diese Klärung hier bereits als abgeschlossen angesehen werden, da in Kapitel 2.1 diese naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen bereits ausführlich erörtert wurden.

Anzumerken ist jedoch, dass der in Kapitel 2 vorgestellte Kreislauf äußerst anspruchsvoll für SuS erscheint und ein vollständiger Durchlauf als Einführung in die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen die SuS daher überfordern könnte. Aufgrund dessen ist es sinnvoll die verschiedenen Komponenten schrittweise und mit steigendem Niveau einzuführen (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010). Die entwickelte Lerneinheit beschränkt sich daher vor allem auf den Teilbereich „Planen von Untersuchungen“. Die SuS sollen die Kompetenz entwickeln, Variablen eines Versuchs in abhängige, unabhängige und Kontrollvariablen einzuteilen und das Prinzip der Variablenkontrolle beim Planen von Experimenten anzuwenden. Das heißt konkret, dass die SuS in verschiedenen Themenfelder die Variablen nennen und richtig unterscheiden können. Außerdem sollen sie beim Planen der Versuche darauf achten, dass sie das Prinzip der Variablenkontrolle beachten.

### **3.2 Erfassen der Lernerperspektive**

In diesem Gebiet gilt es nach Kattmann (2007) empirisch zu untersuchen, welche Lernvoraussetzungen die SuS mitbringen, oder - wie im Falle dieser Arbeit - empirische Untersuchungen heranzuziehen, die sich bereits mit der Untersuchung der Lernerperspektive beschäftigt haben.

Die folgende Darstellung über die Defizite der SuS in den bereits erläuterten Teilbereichen (Kapitel 2.1) orientiert sich an dem Text „Fehlerfrei Experimentieren“ von Hammann (2006). Abweichende Quellen werden entsprechend kenntlich gemacht.

Ein mutmaßlich grundsätzliches Problem beim Experimentieren liegt darin, dass Lehrkräfte und SuS bei einem Experiment oft nicht dasselbe Ziel verfolgen. Während die Lehrkraft das Experiment zu Erklärungszwecken oder zur Veranschaulichung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen nutzt, wollen SuS meist nur ein möglichst gutes Ergebnis erzielen, ohne irgendwelche Beziehungen systematisch zu erkunden. Gründe für die unterschiedliche Zielsetzung könnten beispielsweise das fehlende Wissen der SuS über die naturwissenschaftliche Methode oder der reine Tatendrang und der Spaß, den die SuS am freien ausprobieren haben, sein.

Die SuS zeigen bereits beim Aufstellen der Hypothesen (erster Teilbereich), die maßgeblich für die weitere Planung sind, Defizite. Oftmals experimentieren die SuS gänzlich ohne Hypothesen und selbst wenn Hypothesen vorgegeben werden, können die SuS nur schwer Bezüge zu ihnen und den Ergebnissen der Experimente herstellen.

Im Bereich Planen und Durchführen der Experimente fällt auf, dass die SuS oft vergessen einen Kontrollansatz einzuplanen, d.h. sie können am Ende des Experiments keine aussagekräftige Schlussfolgerung aus ihren Ergebnissen ziehen. Ein häufiger Fehler, der im Prinzip die gesamten Ergebnisse verfälscht, ist das scheinbar willkürliche Variieren der Variablen. Den SuS ist scheinbar nicht bewusst, dass die Variablen systematisch, d.h. gemäß dem Prinzip der Variablenkontrolle (Kapitel 0), geändert werden müssen, um herauszufinden, wie genau sie Einfluss oder auch keinen Einfluss auf die zu untersuchende Ursache-Wirkungs-Beziehung nehmen.

Auch im letzten Teilbereich naturwissenschaftlicher Untersuchungen, dem Interpretieren empirischer Befunde, zeigen die SuS gravierende Defizite. Bei der Datenanalyse geht es darum, alle gewonnenen Daten angemessen zu berücksichtigen, kritisch zu interpretieren und die anfangs aufgestellte Hypothese zu bewerten. Das heißt also, es müssen unterschiedliche Informationen logisch zusammengeführt und verknüpft werden, aus diesen müssen wiederum Rückschlüsse gezogen werden, die die dem Experiment zugrunde liegende Hypothese bestätigen oder (teilweise oder komplett) revidieren.

Das oftmalige Fehlen eines Kontrollansatzes führt dazu, dass eine eindeutige Schlussfolgerung aus den gewonnenen Daten nicht möglich ist. Die SuS ziehen aber auch aus korrekt geplanten Experimenten unlogische Schlussfolgerungen.

Ein weiteres Problem ist, dass die SuS abweichende Daten selten anerkennen. Sie verfolgen nahezu immer das Ziel, ihre aufgestellte Hypothese zu bestätigen. Ihnen ist scheinbar nicht bewusst, dass aufgestellte Hypothesen durchaus auch durch Experimente widerlegt werden können.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die SuS teils gravierende Defizite in allen drei Teilbereichen des Experimentierens zeigen und diese vermutlich den Schülervorstellungen entstammen. Die entwickelte Lerneinheit greift vor allem das Problem der anscheinend willkürlichen Variation der Variablen auf.

### **3.3 Didaktische Strukturierung des Lernmaterials**

„Als didaktische Strukturierung wird der Planungsprozess bezeichnet, der zu grundsätzlichen und verallgemeinerbaren Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen für den Unterricht führt. [...] Die didaktische Strukturierung erfolgt auf der Grundlage und in Wechselbeziehungen zur fachlichen Klärung und zur Erhebung der Lernerperspektiven“ (Kattmann, 2007, S.96). Die didaktische Strukturierung soll also dazu dienen, das Lernmaterial so aufzubauen, dass fachliche Aspekte und Lernvoraussetzungen berücksichtigt und sinnvoll miteinander verbunden werden.

Die vorliegende Lerneinheit ist für eine Bearbeitungszeit von 90 Minuten ausgelegt und so konzipiert worden, dass sie von SuS der elften Klasse selbstständig und ohne Kontrolle durch die Lehrkraft bearbeitet werden kann. Dadurch soll gewährleistet werden, dass alle SuS exakt die gleichen Informationen erhalten und es nicht zu Verzerrungen der Ergebnisse kommt, weil die Lehrkraft eventuell unterschiedliche Informationen an die SuS weitergegeben hat. Außerdem bietet eine so konstruierte Lerneinheit die Möglichkeit, dass die Lehrkraft sich während der gesamten Bearbeitungszeit auf die reine

Beobachtung der SuS konzentrieren kann. Damit die SuS ihre Ergebnisse kontrollieren können und somit nicht Gefahr laufen mit falschen Ergebnissen weiterzuarbeiten, wurden sogenannte Kontrollkarten erstellt. Sie beinhalten die relevanten Ergebnisse und ggf. kleinere Erklärungen ohne die eventuell ein Weiterarbeiten nicht möglich wäre. Zusätzlich gibt es auch eine Hilfekarte, die Hilfestellungen beinhaltet und den SuS, die keine Ideen haben, ermöglichen soll die Aufgabe zu bearbeiten. In der Lerneinheit wird jeweils an den entsprechenden Stellen auf diese Karten hingewiesen.

Um lange Textpassagen zu vermeiden, folgt die gesamte Lerneinheit dem Prinzip, dass sich für SuS aktive und passive Phasen abwechseln. Das gilt vor allem für die Einführung der Begrifflichkeiten im ersten Teil.

Die Bereiche, in denen die SuS etwas notieren sollen, sind bei einzelnen Wörtern durch Linien oder bei Texten durch Kästen hervorgehoben. Diese Art von Strukturierung sorgt dafür, dass die SuS das Material so bearbeiten, wie es angedacht ist und ein Vergleich der Ergebnisse überhaupt erst möglich wird. Vor allem die Kästen sorgen zum einen dafür, dass die SuS Selbstbestimmung erleben, weil sie entscheiden können, wie sie eine Frage beantworten. Sie können also selbst entscheiden, ob sie einen Text schreiben, eine Zeichnung machen oder eine Kombination aus Zeichnung und Text machen. Zum anderen erhält die Lehrkraft vielfältigere Antworten. Dies ermöglicht der Lehrkraft Denkprozesse und Schwierigkeiten bei der Formulierung einer Antwort zu erkennen.

Die klare Struktur der Lerneinheit insgesamt und ihrer einzelnen Teilaufgaben ist ein entscheidender Faktor für das erfolgreiche Lernen der SuS (Meyer, 2004).

Versuch (1)

Frage: Hängt die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit von der Größe des Kegels ab?

Überlegen Sie sich einen Versuch, mit dem Sie (ohne Messwerte) die Frage beantworten können. Notieren Sie dafür zunächst wieder die abhängige Variable und die unabhängige Variable.

*Tipp: Lassen Sie die Kegel mit der Spitze nach unten fallen!*

Abhängige Variable: \_\_\_\_\_

Unabhängige Variable: \_\_\_\_\_

Aufbau & Durchführung:

Denken Sie bei der Durchführung an mögliche Kontrollvariablen! Notieren Sie exemplarisch mind. zwei Variablen, die Sie kontrolliert haben.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

Notieren Sie ein Ergebnis der Untersuchung bzw. versuchen Sie die oben gestellte Frage zu beantworten!

Abbildung 8: Aufgabenbeispiel Struktur

Da es in der Lerneinheit um naturwissenschaftliche Arbeitsweisen insbesondere um das Planen und Durchführen von Experimenten gehen soll, gibt es keinen fachinhaltlichen Schwerpunkt. Die Experimente und Beispiele wurden nach den Gesichtspunkten der Variablenanzahl, Durchführbarkeit, Komplexität und Alltagsnähe ausgesucht. Daher wurden Versuche ausgewählt, die die SuS der Einführungsphase bereits kennengelernt haben sollten. Das ist besonders wichtig, damit die SuS neben den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen nicht noch viele fachliche Aspekte lernen müssen. Da der freie Fall in Luft vor der Einführungsphase nicht behandelt wird, wurde der Bereich fachlich auf einem niedrigen Niveau gehalten. Als



weiterer Aspekt wurde der Materialaufwand betrachtet, da das Material allen Gruppen zur Verfügung stehen soll, wurden Versuche ausgewählt, die verhältnismäßig wenig Material benötigen und leicht aufzubauen sind.

Aufgrund der unterschiedlichen Themenfelder lässt sich die Einheit in fünf Teile unterscheiden.

Der erste Bereich behandelt das Themenfeld Eierkochen im Topf. Das Eierkochen stellt ein alltägliches Problem dar und sollte soweit bekannt sein, dass es hier zu keinen Verständnisproblemen kommt, wie es bei einem physikalischen Phänomen eventuell der Fall sein könnte.

Anhand dieses Beispiels wird den SuS die Methode „Planen von Experimenten“ näher gebracht. In verschiedenen Schritten lernen Sie die typischen Vorgehensweisen von Naturwissenschaftlern und die notwendigen Begriffe unabhängige Variable, abhängige Variable und Kontrollvariablen kennen.

Dieser Teil ist so gestaltet, dass die neuen Begriffe schrittweise eingeführt werden. Zunächst sollen sich die SuS erst einmal ganz allgemein Faktoren überlegen, die die Härte des Eies beeinflussen könnten. Hier wurde ganz bewusst der Begriff Faktor gewählt, weil dieser Begriff bei den SuS vermutlich gebräuchlicher ist als der Begriff Variable. Der Begriff Variable wird nach dieser Aufgabe in einer kurzen Erklärung eingeführt.

Danach sollen sich die SuS selbst einen Versuch überlegen, mit dem man den Einfluss der Variable „Kochzeit“ auf die Variable „Härte des Eies“ überprüfen kann. Dadurch sollen die SuS sich darüber Gedanken machen, wie ein Versuch aufgebaut werden muss, damit ein bestimmter Zusammenhang überprüft werden kann. Mithilfe einer Kontrollkarte können die SuS ihre Ergebnisse vergleichen, bevor in der Lerneinheit mithilfe einer Diskussionsaufgabe nochmal darauf hingewiesen wird, welche Variablen bei der Planung beachtet werden müssen. Die SuS sollen darüber diskutieren warum es wichtig ist diese Variable zu beachten, um zu erkennen, dass bei einem Versuch gleiche Bedingungen herrschen müssen, damit die Ergebnisse verglichen werden können.

Die Frage, ob die Eier die gleiche Größe haben müssen oder nicht, soll die SuS dazu anregen darüber nachdenken und zu diskutieren, warum es denn überhaupt wichtig ist, dass man Variablen kontrolliert.

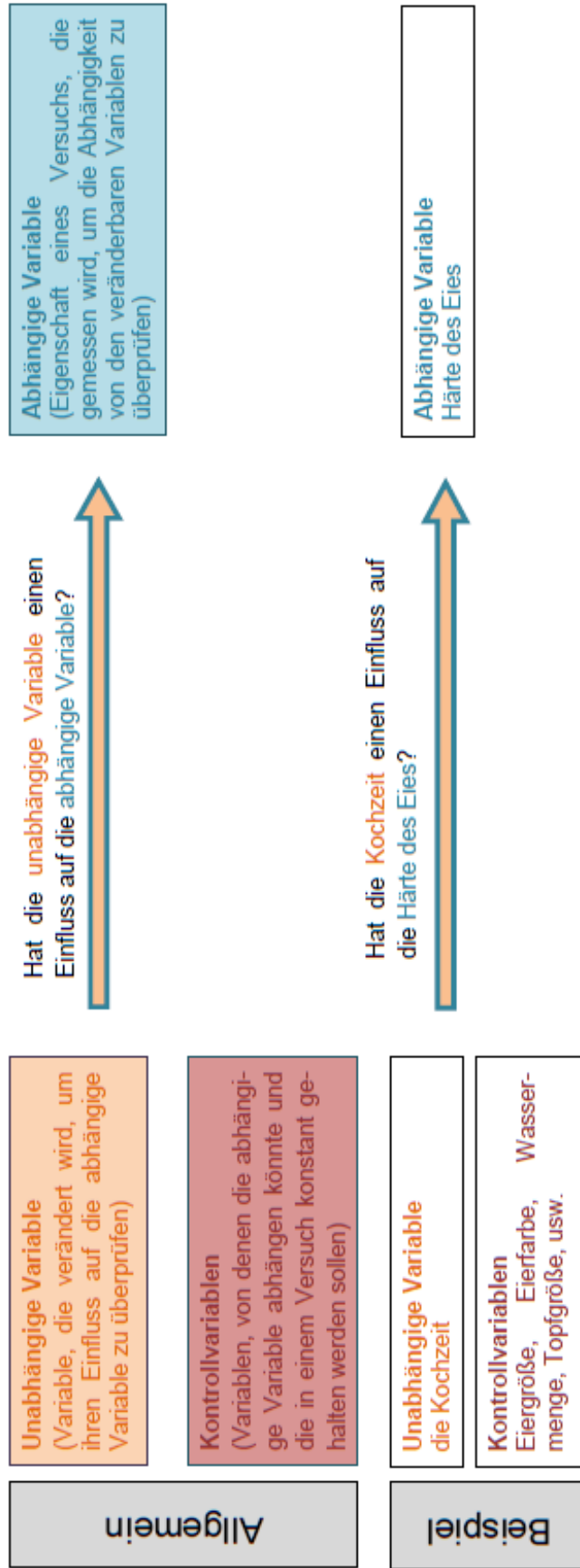
Eine abschließende Kontrollkarte dient zum Vergleich ihrer Diskussionsergebnisse.

Abschluss des ersten Teils bildet dann die Einführung der Begriffe unabhängige Variable, abhängige Variable und Kontrollvariablen sowie eine kurze Erklärung des Prinzips der Variablenkontrolle. Dieser Teil ist gekennzeichnet durch das Wechselspiel von Beispiel und Konzept. Die SuS überlegen sich immer erst an einem Beispiel aus dem Themenfeld Eierkochen ein Konzept, welches im Anschluss erläutert wird. Anschließend erhalten die SuS ein Merkblatt zur Variablenkontrolle (siehe Abbildung 9), welches als Unterstützung für die weiteren Aufgaben dienen soll. Dieses Merkblatt fasst die Begriffe samt Beispielen zusammen. Als Beispiele wurden die Variablen gewählt, die den SuS durch die vorherigen Aufgaben bereits bekannt sind. Eine farbliche Unterscheidung soll die Variablen auch optisch voneinander trennen.

## Merkblatt zur Variablenkontrolle

Variablen sind Größen, die in einem Versuch verändert werden können.

Mit einem *Versuch* kann man überprüfen, ob eine bestimmte **unabhängige Variable** auf eine andere abhängige Variable einen Einfluss hat.



*Prinzip der Variablenkontrolle:* Es gibt eine unabhängige Variable, deren Einfluss auf die abhängige Variable getestet werden soll. Alle anderen Kontrollvariablen müssen bei diesem Versuch dann möglichst konstant gehalten werden.

Beispiel: Einfluss der Eierfarbe auf die Härte des Eies

Topfgröße, Wassermenge, Wassertemperatur, usw. müssen bei dem weißen und dem braunen Ei exakt gleich sein, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten.

Abbildung 9: Merkblatt zur Variablenkontrolle

An diesen eher erklärenden Teil knüpft sich eine Fehlersuche an. Dazu wird das einfache Phänomen (Kugel rollt schiefe Ebene hinunter und schiebt einen Klotz weg) kurz beschrieben und die Aufgabe in eine kleine Geschichte verpackt.

Neben der eher intuitiven Aufgabe Fehler zu entdecken, sollen die SuS auch die Unterscheidung der Variablen sowie das Prinzip der Variablenkontrolle festigen. Dazu sollen die SuS bevor sie mit der eigentlichen Fehlersuche beginnen die abhängige Variable notieren. Da diese für alle Versuchsreihen gleich ist, wird sie nur einmal notiert.

Die daran anschließenden vier Versuchsreihen (vgl. Abbildung 10) sind alle gleich aufgebaut, damit sich die SuS nicht an verschiedene Formate gewöhnen müssen und sich auf die Fehlersuche konzentrieren können. Jede beginnt mit einer Frage, die mit einer darauffolgenden Versuchsreihe untersucht werden soll. Die SuS sollen dann die unabhängige Variable und mindestens drei Kontrollvariablen notieren. Die SuS wurden diesmal nicht zuvor aufgefordert sich überhaupt Variablen zu überlegen, von der die Weite, um die der Klotz verschoben wird, abhängen könnte.

Versuchsreihe (1)

Frage: Hängt es vom Material des Klotzes (hier mit unterschiedlichen Farben dargestellt) ab, wie weit der Klotz weggeschoben wird?

Unabhängige Variable: \_\_\_\_\_

Kontrollvariablen: \_\_\_\_\_

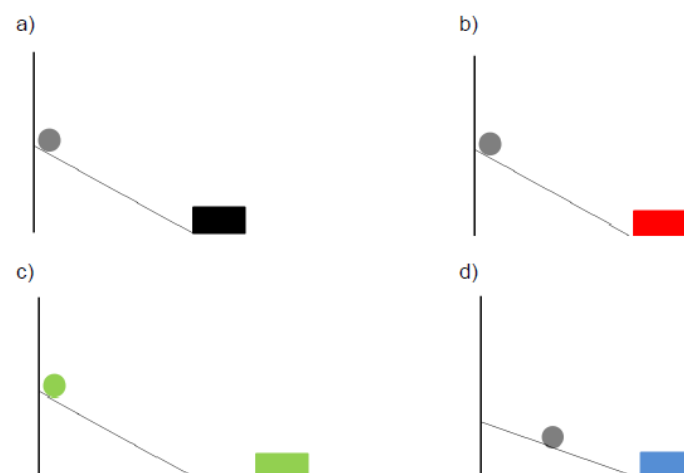


Abbildung 10: Versuchsreihe (1) aus der Fehlersuche

An diese Aufzählung schließen sich dann jeweils vier Bilder an, die eine Versuchsreihe darstellen, mit der die jeweilige Frage beantwortet werden soll. Unterhalb bzw. neben den Bildern ist ausreichend Platz, um die gemachten Fehler zu notieren.

Die Fehler sind in allen Versuchsreihen von der Art, dass zu der jeweils unabhängigen Variable eine weitere Variable geändert wurde.

Es wurde sich für diese Art von Fehler entschieden, weil dies einer der häufigsten Fehler ist, die im Zuge der Variablenkontrolle gemacht werden.

Da die SuS hier noch nichts selbst ausprobieren, sondern reine „Denkarbeit“ leisten, ist das zu Grunde liegende physikalische Phänomen wieder leicht und verständlich gehalten.

Bei dieser Aufgabe müssen die SuS noch kein tiefgründiges Verständnis für Variablenkontrolle entwickelt haben. Ein intuitives Verständnis reicht aus, um die gemachten Fehler identifizieren zu können. Sie soll allerdings helfen, den Blick für Fehler beim Planen von Experimenten zu schärfen.

Nach diesen beiden Teilen folgt nun eine Aufgabenserie, in welcher die SuS selbstständig Experimente zum freien Fall in Luft nicht nur planen, sondern auch durchführen. Nach einer kurzen Einführung, die den freien Fall in Luft am Beispiel des Fallschirmspringers in den Alltag einbindet und somit die Alltagsnähe verdeutlicht, sollen die SuS sich Variablen überlegen, von denen die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit beim freien Fall in Luft abhängen könnte, und die abhängige Variable formulieren.

Die gesamten Versuche zum freien Fall sollen die SuS mithilfe von Kegeln durchführen. Kegel sind leicht herzustellen (die SuS erhalten dazu Vorlagen, siehe Anhang) und sie bieten die Möglichkeit durch Ineinanderstecken gleicher Kegel das Gewicht einfach und schnell ändern zu können ohne dabei die Form oder Oberfläche zu variieren.

In drei Abschnitten sollen die SuS den Einfluss der Variablen Größe, Gewicht und Fallhöhe auf die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit untersuchen.

Der erste Abschnitt ist so gegliedert, dass die SuS die Frage „Hängt die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit von der Größe des Kegels ab?“ quantitativ durch einen selbst ausgedachten Versuch überprüfen sollen. Hier wird also wieder die Selbstbestimmtheit der SuS gefördert. Aufbau und Durchführung des Versuchs sollen zur Ergebnissicherung kurz protokolliert werden. Weiter sollen auch mindestens zwei Variablen aufgelistet werden, die sie im Versuch kontrolliert haben. Diese Teilaufgabe soll die SuS nochmal an die Kontrollvariablen erinnern und sie dazu anregen nachzudenken, ob sie wirklich nur eine Variable verändert haben.

Um den SuS vor Augen zu führen, wie ein nach dem Prinzip der Variablenkontrolle geplanter Versuch aussehen kann, wurde im zweiten Abschnitt ein Versuch beschrieben, der den Zusammenhang zwischen Gewicht und durchschnittliche Fallgeschwindigkeit überprüft. Anhand dieses Versuchs sollen die SuS die Frage formulieren, die mit dem dargestellten Versuch untersucht werden kann. Diese „umgekehrte“ Aufgabe hilft zu erkennen, ob ein Versuch wirklich dazu geeignet ist, eine bestimmte Frage zu untersuchen. Nachdem der Versuch durch die SuS durchgeführt wurde, sollen sie auch eine Antwort formulieren. Die Ergebnisse, die der Versuch liefert und die daraus resultierende Antwort helfen den SuS wiederum, die Formulierung ihrer Frage zu prüfen.

Zu guter Letzt sollen die SuS anhand selbst aufgenommener Messwerte den Einfluss der Fallhöhe auf die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit untersuchen.

Dieser Abschnitt birgt eine gewisse Schwierigkeit. Während es sich bei dem Zusammenhang zwischen durchschnittlicher Fallgeschwindigkeit und Gewicht bzw. Größe, um eher einfache „Je..., desto“-Beziehung handelt, ist der Zusammenhang zwischen der Fallhöhe und der durchschnittlichen Fallgeschwindigkeit weit weniger trivial.

Während ein Körper in Luft fällt, wirken zwei Kräfte auf den Körper. Zum einen die nahezu konstante Gewichtskraft in Richtung Erdmittelpunkt und zum anderen die, mit der Geschwindigkeit zunehmende, Luftreibungskraft, die der Gewichtskraft entgegengesetzt

ist. Solange die Gewichtskraft größer ist als die Luftreibungskraft, wirkt auf den Körper eine resultierende Kraft in Richtung der Gewichtskraft. Der fallende Körper wird also so lange durch diese resultierende Kraft beschleunigt, bis die Luftreibungskraft gleich der Gewichtskraft ist. Ab diesem Moment wirkt auf den Körper keine resultierende Kraft mehr und der Körper fällt mit konstanter Geschwindigkeit zu Boden.

Es gibt also immer einen Einfluss der Fallhöhe auf die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit, dieser wird nur im Verhältnis zur Größe des Gegenstands und dessen Gewicht für große Höhen vernachlässigbar klein.

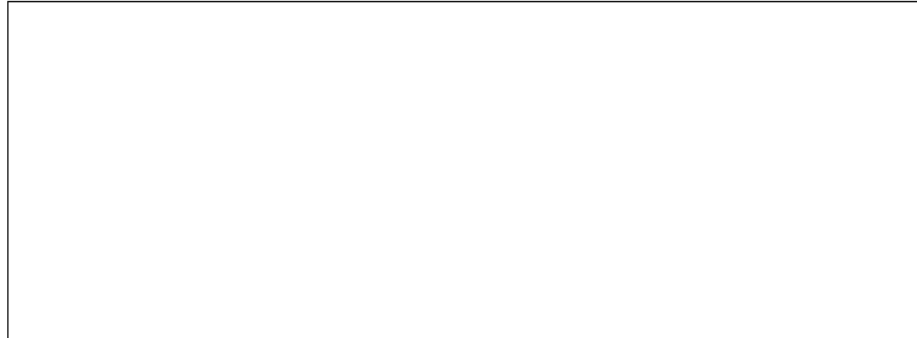
Bei den hier verwendeten Kegeln hängt es also von dem durch die SuS gewählten Messbereich ab, ob sie diesen Zusammenhang erkennen oder nicht.

Um die Selbstbestimmung der SuS beim Planen und Durchführen des Versuches nicht zu unterbinden, werden sie im Anschluss an die Versuchsdurchführung und das Notieren eines Ergebnisses durch eine Nachfrage (vgl. Abbildung 11), ob sie den gesamten im Klassenraum zur Verfügung stehenden Höhenbereich von 0,3m – 2,5m abgedeckt haben, direkt darauf hingewiesen, dass ein gewisser Höhenbereich überprüft werden muss.

Umfassen die von Ihnen gewählten Fallhöhen den gesamten Bereich von 0,30m bis ca. 2,5m?

- Nein:** Führen Sie den Versuch in dem von Ihnen noch nicht untersuchten Höhenbereich durch und ergänzen Sie Ihre Tabelle. Bearbeiten Sie erst danach die nächste Aufgabe!
- Ja:** Bearbeiten Sie direkt die nächste Aufgabe!

Vergleichen Sie die Messwerte im Bereich 0,3m bis 1m mit den Messwerten im Bereich 1,7m bis 2,5m. Warum ist bei diesem Versuch wichtig, den gesamten Bereich zu untersuchen?



*Abbildung 11: Freier Fall in Luft - Einfluss der Fallhöhe*

Falls die SuS den gesamten Höhenbereich überprüft haben, müssten sie bei der Durchführung die Problematik des Zusammenhangs erkannt haben und sie sollen sich überlegen, warum es wichtig ist, einen möglichst großen Bereich zu untersuchen. Ansonsten sollen sie den Versuch wiederholen und sich anschließend überlegen, warum es wichtig ist, möglichst alle erreichbaren Höhen zu untersuchen.

Angesichts des Zwiespalts, dass man keine allgemeingültige Aussage über den Zusammenhang zwischen Fallhöhe und durchschnittlicher Fallgeschwindigkeit machen kann, soll den SuS verdeutlicht werden, welche Probleme zusätzlich bei einer Untersuchung auftreten können. Sie sollen lernen, dass es eben nicht ausreicht, nur bestimmte Bereiche zu testen, sondern es wichtig ist, den Einfluss der zu untersuchenden Variablen möglichst breitgefächert zu überprüfen. Außerdem soll ihnen aufgezeigt werden, dass ein richtig geplanter Versuch nicht automatisch zu „richtigen“ Ergebnissen führt, da vor allem Messungenauigkeiten die Ergebnisse verfälschen können.

Abschließend können die gewonnenen Ergebnisse anhand einer Kontrollkarte, die auch das eben genannte Problem thematisiert, verglichen werden.



Der vorletzte Teil der Einheit hat die Schwingungsdauer eines Federpendels als Schwerpunkt. Um fachlichen Verständnisproblemen vorzubeugen, wurde im Material eine Erklärung für die Schwingungsdauer angegeben (vgl. Abbildung 12).

*Tipp: Als Schwingungsdauer wird die Zeit bezeichnet, die ein Massestück benötigt um eine komplette Schwingung zu durchlaufen, d. h. die Zeit, nach der das Massestück den Ausgangspunkt der Auslenkung nach dem Loslassen wieder erreicht hat.*

*Abbildung 12: Erklärung Schwingungsdauer*

Das Federpendel bietet den Vorteil, dass viele Variablen in Bezug auf die Schwingungsdauer ausprobiert werden können und es mithilfe einer Abbildung leicht aufgebaut werden kann. Allerdings ist das Federpendel kein verbindlicher Inhalt im hessischen G8-Lehrplan, sodass den SuS dieser Versuch vermutlich doch nicht bekannt ist. Pendel als solche werden häufig im Zuge der Energieumwandlung und Energieerhaltung (Themen der Jahrgangsstufe 9 und Einführungsphase 1/2) behandelt.

Um das Erkennen und die Unterscheidung der Variablen zu üben, sollen die SuS zuerst die abhängige Variable und mögliche unabhängige Variablen notieren, bevor sie dann die zwei vorgegebenen Variablen (Auslenkung und Federkonstante) sowie die Formel zur Berechnung der Schwingungsdauer überprüfen.

Im ersten Abschnitt soll der Einfluss der Auslenkung der Masse qualitativ mit einem selbst entwickelten Versuch überprüft werden. Diesmal sind die unabhängige Variable, sowie mögliche Kontrollvariablen vorgegeben und die SuS müssen nur den Versuch beschreiben und die Tabelle mit Messwerten füllen.

Um Messfehler möglichst gering zu halten, wird den SuS der Tipp gegeben, die Zeit für zehn Schwingungen zu messen. Eine entsprechende Spalte ist ebenfalls in der Tabelle für die Messergebnisse zu finden. Die Tabelle enthält neben einer Spalte für die Schwingungsdauer für zehn und eine Spalte für eine Schwingung auch eine Spalte für die angehängte Masse, für die Nummer der Feder und die Auslenkung. Da hier nur die Auslenkung untersucht werden soll, müssen die angehängte Masse sowie die Federnummer bei allen

Durchgängen gleich bleiben. Die Tabelle zeigt sowohl den SuS als auch der Lehrkraft auf einen Blick, ob die Kontrollvariablen auch wirklich konstant gehalten wurden. Außerdem werden die SuS darauf hingewiesen, dass eine „gute“ Kombination aus Federkonstante und angehängter Masse gefunden werden muss, damit die Schwingungsdauer gut zu messen ist. Eine „gute“ Kombination aus Federkonstante und angehängter Masse heißt, dass an einer Feder mit großer Federkonstante eine größere Masse angehängt werden sollte, damit das Federpendel nicht so schnell schwingt, dass die Schwingungsdauer kaum messbar ist. Je langsamer das Federpendel schwingt, desto genauer lässt sich die Schwingungsdauer messen. Somit werden auch durch diesen Hinweis Messfehler verringert.

Zur Ergebnissicherung sollen die SuS wieder ein Ergebnis in einem Kasten notieren.

Der nächste Abschnitt befasst sich mit dem Zusammenhang zwischen Schwingungsdauer und Federkonstanten. Um auch hier Verständnisprobleme zu vermeiden, wird die Federkonstante ebenfalls in einem kurzen Satz erklärt. Weil das Augenmerk im ersten Abschnitt auf der Auslenkung liegt und die Federkonstante für den Versuch eher nebensächlich ist, wird die Federkonstante dadurch umgangen, dass die Federn nummeriert sind und die SuS jeweils die Federnummer in die Tabelle eintragen sollen.

In diesem Abschnitt wird die Selbstbestimmung der SuS dadurch gefördert, dass sie selbst entscheiden, inwieweit sie wie viele Messwerte aufnehmen. Am Ende sollen sie jedoch einen „Je ..., desto ...“-Satz zur Ergebnissicherung formulieren.

Im dritten Abschnitt sollen die SuS dann die Formel für die Schwingungsdauer mithilfe von selbstaufgenommenen Messwerten überprüfen (vgl. Abbildung 13). Ihnen wird also die Formel vorgegeben und sie sollen durch Einsetzen überprüfen, ob der Zusammenhang stimmt. Da das Überprüfen einer Formel mithilfe von Messwerten in der Regel selten zu den Aufgaben von SuS zählt, wurde an dieser Stelle die bereits beschriebene Hilfekarte eingebaut. Sie soll

den SuS weiterhelfen, die keine Ideen haben wie sie bei dieser Aufgabe vorgehen sollen.

Die Aufgabe ist jedoch so offen gestellt, dass sie selbst entscheiden können, wie sie an die Aufgabe herangehen. Sie können also entweder Masse und Federkonstante einsetzen, Schwingungsdauer ausrechnen und überprüfen, ob sie experimentell eine ähnliche Schwingungsdauer erhalten oder sie setzen Masse, Federkonstante und Schwingungsdauer ein und überprüfen, ob eine „wahre“ Aussage herauskommt. Außerdem können sie selbst entscheiden, ob sie erneut Messwerte aufnehmen oder bereits in Abschnitt eins gewonnene Messwerte übernehmen und entsprechend in die Formel einsetzen.

Zusätzlich wird das „Messfehlerphänomen“ thematisiert, d.h. dass der ausgerechnete Wert für die Schwingungsdauer womöglich nie experimentell erreicht werden kann.

### Versuch (3)

Angenommen Sie vermuten, dass die Schwingungsdauern eines Federpendels folgendermaßen berechnet werden kann:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$$

Mit T: Schwingungsdauer,  
D: Federkonstante  
m: angehängte Masse

**Wie müsste man vorgehen, um diese Vermutung zu überprüfen?**

**Überprüfen Sie den vermuteten Zusammenhang. Nutzen Sie ggf. die Rückseite, für Messwerte, Rechnungen usw.**

**Notieren Sie ein Ergebnis**

Falls Sie keine Idee haben, nehmen Sie Hilfe 1 in Anspruch.

*Abbildung 13: Die Formel für Schwingungsdauer experimentell überprüfen*

Große Schwierigkeit ist hierbei, dass die angegebenen Federkonstanten ebenfalls experimentell bestimmt wurden. Das bedeutet also, die genannten Federkonstanten sind ebenfalls fehlerbehaftet, da eine fehlerfreie Messung der Schwingungsdauer durch eine Person nicht möglich ist.

Nach diesen beiden praktischen Teilen folgt nun der letzte diskussionsreiche Teil. Er soll weiter in die Thematik einführen und zum Weiterdenken anregen.

Auch dieser Bereich ist wieder zweigeteilt. Der erste Abschnitt bezieht sich auf das anfängliche Eierkochen und thematisiert den Umgang mit

Variablen, die nachgewiesen keinen Einfluss haben bzw. von denen man ausgeht, dass sie keinen Einfluss haben (vgl. Abbildung 14).

**Diskutieren Sie die folgenden Fragen und versuchen Sie anschließend jeweils eine kurze Antwort mit Begründung zu formulieren:**

- a) Warum haben Sie wahrscheinlich nicht die Farbe der Küche, die Jahreszeit und die Größe des Kochs nicht als unabhängige Variable aufgezählt?
- b) Warum würden Sie diese Variablen vermutlich in einem Experiment auch nicht als Kontrollvariablen bezeichnen?
- c) Müssen Sie auch eine Variable kontrollieren, wenn Sie bereits nachgewiesen haben, dass diese keinen Einfluss auf die abhängige Variable hat?

*Abbildung 14: Weiterführende Fragen*

Die SuS sollen zunächst diskutieren und dabei begründete Formulierungen auf die jeweiligen Fragen finden. Diese Aufgabe verfolgt zwei Ziele. Einerseits soll sie weiter in die Thematik einführen, andererseits soll sie die Kommunikationsfähigkeit der SuS fördern. Sie müssen sich über zuvor gewonnene Informationen und Erkenntnisse austauschen und gemeinsam eine begründete Formulierung finden. Den Abschluss des letzten Teils und der gesamten Einheit bildet ein Gedankenexperiment zum Thema Medikamententests.

Medikamententests sind ein zweites Beispiel aus dem Alltag und sollen den SuS abschließend noch einmal verdeutlichen, dass Variablenkontrolle nicht nur in der Physik angewendet wird, sondern auch in anderen Bereichen Anwendung findet. Medikamententests haben den großen Vorteil, dass es unzählige Variablen (Gewicht, Alter, Vorerkrankungen,...) gibt, die untersucht werden können und die die SuS intuitiv nennen können.

Hier sollen die SuS diskutieren welche Variablen beachtet werden müssen und warum ein Teil der Probanden ein Placebo erhalten (vgl. Abbildung 15).

Stellen Sie sich vor, Sie sind Medikamentenhersteller. Um die Wirksamkeit eines Medikaments zu testen, wollen Sie einen Medikamententest durchführen.

**Diskutieren Sie:**

Welche Variablen müssen Sie bei einem Medikamententest berücksichtigen?

Warum ist es bei einem Medikamententest wichtig, dass man Variablen kontrolliert?

Warum erhält bei einer Medikamentenstudie ein Teil der Testpersonen nur ein Placebo (Präparat das keinen Wirkstoff enthält)?

*Abbildung 15: Gedankenexperiment*

Wie im Kapitel 3.2 bereits erläutert, planen die SuS oft keinen Kontrollansatz ein, sodass der Einfluss einer Variablen nicht eindeutig bestimmt werden kann. Die letzte Frage soll die SuS auf dieses Problem hinweisen. Anhand der Medikamententests wird den SuS vermutlich intuitiv klar, dass es eine Gruppe geben muss, die kein Medikament eingenommen hat, um die Wirkung eines Medikaments zu überprüfen. Daher bietet sich hier eine gute Gelegenheit, um diese Kontrollgruppe und somit einen weiteren Aspekt der richtigen Planung von Experimenten anzusprechen.

Zusammenfassend können in der entwickelten Lerneinheit fünf Themenfelder Eierkochen, Freier Fall in Luft, Federpendel, Weiterdenken und Gedankenexperiment unterschieden werden. Insbesondere die Aufgaben der ersten drei Teile sind so entwickelt, dass sie im Verlauf eines Teils - meist durch offenere Formulierungen und weniger Vorgaben - immer schwieriger werden. Kontrollkarten dienen an entsprechend gekennzeichneten Stellen zum Vergleich und Kontrolle der eigenen Ergebnisse.

Zusätzlich zu den Lernvoraussetzungen der SuS wurden bei der Entwicklung des Lernmaterials die folgenden Merkmale guten Unterrichts nach Meyer (2004) berücksichtigt:

- Inhaltliche Klarheit
- Klare Strukturierung

- Sinnstiftendes Kommunizieren
- Methodenvielfalt
- Vorbereitete Umgebung

Klare Strukturierung und inhaltliche Klarheit werden durch eindeutige Arbeitsanweisungen und Kästen bzw. Linien für Antworten, Messergebnisse, etc. der SuS realisiert. Die Diskussionsaufgaben sollen für sinnstiftendes Kommunizieren sorgen. Zwar zielen alle Aufgaben der Lerneinheit auf das Prinzip der Variablenkontrolle ab, jedoch wurde gleichzeitig eine gewisse Methodenvielfalt (qualitative, quantitative Versuche, Überprüfung einer Formel, ...) verwirklicht.

Zu guter Letzt sorgen vorgepackte Materialkisten, auf dem Tisch bereitliegendes Material und bereits gestellte Gruppentische für eine vorbereitete Umgebung.

## 4 Fragestellungen der Arbeit

Im Folgenden sind die Fragen aufgeführt, die durch die Erprobung der Lerneinheit beantwortet werden sollen.

In erster Linie soll die Erprobung darüber Aufschluss geben, wie lernwirksam die entwickelte Einheit ist und wie die SuS mit dieser Lerneinheit zurechtkommen.

Daraus ergeben sich die folgenden zwei Fragestellungen:

- (1) Wie kommen die SuS mit dem Material zurecht?
- (2) Werden die durch das Material intendierten Konzepte aufgebaut?

Für die Beantwortung der Fragen können sowohl die nach der Erprobung eingesammelten von den SuS ausgefüllten als auch die während der Erprobung aufgezeichneten Videos herangezogen werden (vgl. Kapitel 5). Die Antwort auf Frage (1) lässt sich bei der Auswertung der Lerneinheiten vor allem daran festmachen, ob es die SuS schaffen in den veranschlagten 90 Minuten alle Aufgaben zu bearbeiten oder nicht. Werden Aufgaben zwischendurch ausgelassen und gibt es Verständnisfragen während der Erprobung, kann dies darauf hindeuten, dass Aufgaben zu schwierig und/ oder unverständlich sind. Anhand der Videos kann dann festgestellt werden, wie die Aufgaben bearbeitet wurden. Lange Diskussionen über die Aufgabenstellung und nicht über die Antworten deuten dabei darauf hin, dass die Formulierung unverständlich ist. Lenken sich die SuS häufig gegenseitig ab, kann dies auch ein Indikator dafür sein, dass das Material zu schwer oder uninteressant ist.

Die zweite Frage kann mithilfe der Lerneinheiten nur quantitativ beurteilt werden. Werden die Aufgaben größtenteils richtig beantwortet, ist das ein Indikator dafür, dass die SuS die Konzepte zumindest intuitiv aufgebaut haben. Die Videos hingegen zeigen die Gespräche der SuS, welche wiederum Aufschluss über die Denkprozesse der SuS geben. Anhand der von den SuS gebrachten Argumente in den Diskussionen kann dann darauf geschlossen werden, inwieweit die SuS die Konzepte aufgebaut haben und diese auch anwenden und kommunizieren können.



## 5 Datenerhebung und Auswertung

Die Lerneinheit wurde für SuS der Jahrgangsstufe 11 entwickelt und konnte in vier elften Klassen eines hessischen Oberstufengymnasiums erprobt werden. Die Erprobung fand Mitte April und damit in der Mitte des 2. Halbjahres, statt. Da es in der elften Klasse noch keine Einteilung in Grund- und Leistungskurse gibt, waren die Klassen in Bezug auf den Leistungsstand der SuS sehr heterogen.

Zur Erprobung standen vier Klassen zur Verfügung, die von drei unterschiedlichen Lehrkräften unterrichtet wurden. Insgesamt nahmen ca. 90 SuS an der Erprobung teil. Zeitlich wurden zwei Klassen am Vormittag (3.-6.Stunde) und zwei Klassen am Nachmittag (jeweils 8./ 9. Stunde) untersucht.

Die Lerneinheit wurde von den SuS in Dreiergruppen bearbeitet werden, wodurch sich pro Klasse sieben bis acht Gruppen ergaben. Jeweils vier dieser Gruppen wurden während der Bearbeitung der Lerneinheit gefilmt. Da nur die SuS gefilmt werden konnten, bei denen eine Einverständniserklärung vorlag, wurden die Gruppen primär so eingeteilt, dass möglichst alle „Videotische“ vollständig besetzt waren. Die restlichen SuS teilten sich nach eigenem Belieben ohne große Probleme auf die restlichen Gruppentische auf.

Die aufgezeichneten Videos geben neben dem ausgefüllten Lernmaterial einen zusätzlichen Einblick in die Diskussionen unter den SuS und dienen zur Auswertung der Lerneinheit. Da es in der Lerneinheit einige Aufgaben gibt, bei denen die SuS diskutieren sollen, sind diese Videos zur Auswertung von besonderer Bedeutung. Außerdem geben sie Aufschluss darüber, wie lange die SuS die einzelnen Aufgabenbereiche bearbeitet haben.

Entwickelt wurde die Einheit für eine Bearbeitungszeit von 90 Minuten. Anhand der Videos wird allerdings deutlich, dass für die tatsächliche Bearbeitungszeit nur ungefähr 80 Minuten zur Verfügung standen. Die Differenz kam dadurch zustande, dass die Bildung der Dreiergruppen und die Einführung in das Material eine gewisse Zeit in Anspruch nahm. Die Einführung beinhaltete eine kurze Erklärung wie das Material zu bearbeiten sei, wo sich die Hilfe- bzw. Kontrollkarten und das restliche

Material befinden und der Hinweis, dass sie jederzeit Fragen stellen könnten. Zusätzlich wurden die SuS dazu ermutigt besonders gute oder besonders schlechte Aufgaben in der Lerneinheit zu kommentieren. Allerdings sind in den Lerneinheiten nur vereinzelt solche Kommentare zu finden. Sie werden an entsprechender Stelle in der Auswertung der Lerneinheiten dargestellt.

Zur Erprobung wurden den SuS jeder Dreiergruppe einmal die farbig gedruckte Lerneinheit sowie das notwendige Material zur Verfügung gestellt. Für die Versuche zum Themenfeld „Freier Fall in Luft“ benötigten die SuS Kegelvorlagen für insgesamt acht Kegel (fünf gleich große Kegel und insgesamt vier Kegel in verschiedenen Größen), einen Zollstock und eine Stoppuhr. Das genannte Material lag zu Beginn der Erprobung auf den Gruppentischen bereit. Da bei der ersten Erprobung bereits deutlich wurde, dass das Basteln der Kegel zu viel Zeit (zwischen fünf und zehn Minuten) in Anspruch nahm und die SuS nicht mehr die Aufgaben zum Themenfeld „Federpendel“ und die weiterführende Aufgabe bearbeiten konnten, bekamen zwei der vier Erprobungsklassen die bereits gebastelten Kegel statt der Kegelvorlagen.

Die Kontrollkarten und die Hilfekarte konnten am Lehrerpult eingesehen bzw. geholt werden. Dort befanden sich auch die für die Gruppen fertig gepackten Kisten, in denen das notwendige Material für die Aufgabe zum Themenfeld „Federpendel“ lag. Für diese Aufgabe benötigten die SuS einen stabilen Stativfuß, eine lange Stativstange und eine Verbindung, die es erlaubt an der Stange einen Haken für die Federn zu befestigen. Außerdem wurden den SuS drei 50g-Massestücke, fünf 10g-Massestücke, ein entsprechender Halter für diese Massestücke und vier Federn, die sich durch ihre Federkonstanten unterschieden, zur Verfügung gestellt.

Wie bereits angesprochen wurden für die Auswertung auch die ausgefüllten Lerneinheiten wieder eingesammelt. Allerdings haben nur die zwei Klassen, denen die bereits fertigen Kegel zur Verfügung standen, genügend Zeit gehabt, die gesamte Lerneinheit zu bearbeiten. Die erste Klasse bearbeitete die Einheit bis Ende des Themenfelds

„Freier Fall in Luft“. Die andere Klasse, die ebenfalls die Kegel basteln sollte, wurde dazu aufgefordert, die Aufgabenserie zum Themenfeld „Federpendel“ zu überspringen und direkt zu der weiterführenden Aufgabe überzugehen. Daraus folgt, dass die Aufgabe zum Themenfeld „Federpendel“ insgesamt von zwei Klassen, die weiterführende Aufgabe von drei Klassen und die restlichen Aufgaben von allen vier Klassen bearbeitet wurden.

Insgesamt stehen also für die Auswertung 16 Videos, 31 ausgefüllte Lerneinheiten und die während der Erprobung bereits gemachten Beobachtungen zur Verfügung. Die ausgefüllten Lerneinheiten wurden Aufgabe für Aufgabe hauptsächlich auf die Häufigkeit richtiger Aufgaben untersucht. Die Ergebnisse wurden in einer Tabelle zusammengefasst.

Aus zeitlichen Gründen wurden für die Auswertung im Rahmen dieser Arbeit lediglich die ausgefüllten Lerneinheiten herangezogen. Die Ergebnisse werden im folgenden Kapitel näher erläutert. Es wird jedoch ergänzend aus den direkten Beobachtungen aus dem Unterricht (insbesondere Schüleräußerungen) berichtet, die während der Erprobung fortlaufend notiert wurden.

## **6 Ergebnisse der Erprobung**

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse aus der Auswertung der Lerneinheiten näher beleuchtet. Anschließend während mögliche Änderungsvorschläge beleuchtet und die in Kapitel 4 aufgestellten Fragestellungen auf dem Hintergrund der Ergebnisse beantwortet.

### **6.1 Ergebnisse**

#### **Härte eines Eies**

Der erste Teil der Lerneinheit behandelt die zentrale Frage „Wovon hängt die Härte eines gekochten Eies ab?“. Die SuS sollen drei Faktoren aufschreiben, die die Härte des Eies beeinflussen sowie einen Versuch, mit dem der Einfluss der Kochzeit auf die Härte des Eies überprüft werden kann.

Die Auswertung zeigt, dass die SuS mit dem Nennen der Faktoren scheinbar keine Probleme hatten. Alle SuS haben plausible Faktoren genannt. Am Häufigsten wurden die Faktoren Größe des Eies, Kochdauer und Wassertemperatur genannt. Weitere Antworten waren Futter der Hühner, Klima der Herkunft, Alter des Eies, Beschaffenheit der Schale, uvm. Aufgrund der durchgängig richtigen Antworten kann darauf geschlossen werden, dass die Aufgabe einfach für die SuS war, obwohl durch die Beobachtungen während der Stunde deutlich wurde, dass ein Bruchteil der SuS noch nie oder nur Eier im Eierkocher gekocht hat.

Die Versuchsbeschreibungen zeigen ähnlich gute Ergebnisse. Lediglich drei der 31 Versuchsbeschreibungen eignen sich nicht, um den Einfluss der Kochzeit auf die Härte des Eies zu testen, weil im Versuch entweder nur ein Ei betrachtet wurde oder zusätzliche Variablen verändert wurden. Abbildung 16 zeigt exemplarisch eine solche ungeeignete Versuchsbeschreibung.

Hier wurden gleich zwei Variablen (Eiergröße und Raumtemperatur) getestet. Beide Variablen wurden nicht in der Aufgabe genannt. Allerdings wurden zuvor von der Gruppe die Eiergröße und die Raumtemperatur als mögliche Faktoren genannt. Diese ersten

Überlegungen könnten zu der fehlerhaften Versuchsbeschreibung geführt haben.

- 4 Eier (jeweils 2 kleine und 2 große)
- 2 Räume (warm; kalt)
- gleich lange Kochzeit

Jeweils ein großes und ein kleines Ei in den Kochtopf tun. Ein Topf kommt in das kalte Zimmer, der andere in ein warmes. Nun werden sie gleich lange gekocht und es wird auf das Ergebnis gewartet.

*Abbildung 16: ungeeignete Versuchsbeschreibung einer SuS-Gruppe*

Bei 15 der restlichen 28 richtigen Versuchsbeschreibungen wird explizit auf identische Kochbedingungen hingewiesen. Außerdem unterscheiden sich die Versuchsbeschreibungen deutlich in ihrer Ausführlichkeit. Abbildung 17 und Abbildung 18 zeigen den Unterschied. Während Abbildung 17 kurz und knapp den Grundgedanken verdeutlicht, beschreibt Abbildung 18 sehr ausführlich den Versuch. Allerdings geht aus der kurzen Versuchsbeschreibung nicht hervor, ob die Kontrollvariablen wirklich konstant gehalten wurden oder ob das „verschiedene Eier“ auch bedeuten könnte, dass die Eier unterschiedlich groß sind.

Verschiedene Eier mit verschiedenen Kochzeiten kochen  
→ die Eier vergleichen

*Abbildung 17: Kurze Versuchsbeschreibung*

Man nehme 5 gleiche Eier (selbe Haltung, Gewicht, Farbe,...)  
Ein Topf mit Wasser wird aufgekocht und mit einem Thermometer wird überprüft, dass es konstant die gleiche Temperatur hat. Alle Eier werden in das kochende Wasser gelegt und nach 1 Minute, 2 Minuten etc. herausgeholt und nach dem Abkühlen werden sie geschält oder aufgeschlagen.  
Die Eier sind nun unterschiedlich hart.

*Abbildung 18: Ausführliche Versuchsbeschreibung*

Die Antworten auf die Frage nach der Größe der Eier zeigen, dass die SuS scheinbar das Prinzip der Variablenkontrolle verstanden haben. Bis auf eine Ausnahme haben alle Gruppen geantwortet, dass die Eier die gleiche Größe haben müssen. Die geforderten Begründungen lassen sich dabei in zwei Gruppen unterteilen. Die eine Gruppe nennt als Begründung explizit die Variablenkontrolle während die andere Gruppe mithilfe der unterschiedlichen Kochzeiten verschieden großer Eier und somit eher intuitiv mit der Variablenkontrolle argumentiert hat. Beispielhaft wurde in Abbildung 19 und Abbildung 20 jeweils ein Beispiel für eine Begründung aus jeder Gruppe genannt.

Die Eier  müssen /  müssen nicht die gleiche Größe haben,  
weil ...  
die Größe des Eies auch eine Variable ist und man, wenn man die Veränderung einer Variable testen möchte, auch nur eine Variable verändern darf.

Abbildung 19: Begründung über Variablenkontrolle

Die Eier  müssen /  müssen nicht die gleiche Größe haben,  
weil ...  
beispielsweise kleinere Eier weniger Zeit benötigen, um hart zu werden.

Abbildung 20: Begründung über Kochzeit

Die überwiegend richtigen Antworten in dem Themenfeld Eierkochen zeigen, dass die SuS offensichtlich keine Probleme bei der Beantwortung der Fragen hatten. Da bei den Versuchsbeschreibungen und der Begründung für die gleiche Eiergröße bereits Variablenkontrollaspekte genannt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass zumindest ein Teil der SuS scheinbar das Prinzip der Variablenkontrolle zumindest intuitiv verstanden hat.

Inwieweit das Merkblatt hilfreich für die SuS ist, kann anhand der ausgefüllten Lerneinheiten nicht beantwortet werden. Allerdings konnte

während der Erprobung beobachtet werden, dass einige Gruppen das Blatt bei den kommenden Aufgaben herangezogen haben.

### **Fehlersuche**

Nach der Einführung in die Unterscheidung von Variablen und das Prinzip der Variablenkontrolle, folgt die Fehlersuche an vorgegebenen Versuchsreihen.

Bei dieser Aufgabe zeigten sich bereits bei der Erprobung in allen Klassen teils große Schwierigkeiten.

Zu Beginn der Aufgabe sollen die SuS die abhängige Variable notieren. Lediglich 24 Gruppen haben diese Variable richtig benannt. Falsche Antworten waren beispielsweise Höhe und Material der Rampe, Gewicht der Kugel. Anhand der Nennung von zwei Variablen (Höhe und Material) wird deutlich, dass den SuS scheinbar nicht deutlich war, dass es nur eine einzige abhängige Variable pro Versuchsreihe gibt. Die Formulierung „Wie lautet bei diesem Versuch die abhängige Variable?“ könnte zusätzlich für Verwirrung sorgen, weil sie suggeriert, dass ein bestimmter Versuch (und nicht die gesamte Versuchsreihe) gemeint ist. Eine bessere Formulierung wäre unter Umständen „Wie lautet die abhängige Variable, die durch die verschiedenen Versuchsreihen untersucht wird?“ Die vier Versuchsreihen sind alle gleich aufgebaut. Nach einer vorgegebenen Fragestellung sollen die SuS die unabhängige Variable und exemplarisch drei Kontrollvariablen aufschreiben. Ein „Ja“ hinter den Fragen, deutet darauf hin, dass die SuS versucht haben diese Fragen zu beantworten. Einem kleinen Teil der SuS war also vermutlich nicht klar, dass es nicht um die Beantwortung der Fragen ging, sondern diese eigentlich nur dazu dienen sollten jeweils die unabhängige Variable der Versuchsreihe herauszufinden.

Knapp die Hälfte der Gruppen konnte diese Aufgabe komplett richtig lösen. Das Nennen der unabhängigen Variablen hat bei 21 Gruppen und das Nennen der Kontrollvariablen hat nur bei 18 Gruppen fehlerlos geklappt. Genauso wie das Finden der Fehler in den Bildern. Ebenfalls rund ein Drittel hat überhaupt keine Fehler eingezeichnet. Jedoch deuten die Kontrollvariablen in 6 Fällen daraufhin, dass die gemachten

Fehler (z.B. die unterschiedliche Neigung), als Kontrollvariablen zu finden waren. Es kann also aus den fehlenden Kennzeichnungen der Fehler darauf geschlossen werden, dass die Fehler nicht erkannt wurden.

Allerdings sind drei Gruppen darüber gestolpert dass bei insgesamt vier Bildern der Klotz nicht direkt am Bahnende lag, sondern ein minimaler Spalt zu sehen war. Dies ist theoretisch ein Fehler, der jedoch auf der Kontrollkarte nicht als solcher deklariert wurde, da er unbewusst passiert ist.

Abbildung 21 zeigt richtig bearbeitete Teile der Fehlersuche. Die Fehler wurden durch Markierungen sichtbar gemacht und als Kontrollvariablen wurden genau die Variablen genannt, die unzulässig variiert wurden. Daher wurden auch nicht immer drei Kontrollvariablen genannt. Unklar bleibt bei der gewählten Aufgabenstellung jedoch, ob die SuS erkannt haben, dass es neben den unzulässig variierten Variablen auch noch weitere Kontrollvariablen gibt. Gleichzeitig liegt die Vermutung nahe, dass die SuS der Aufgabenstellung nicht eindeutig entnehmen konnten, wie sie die Fehler notieren sollten.

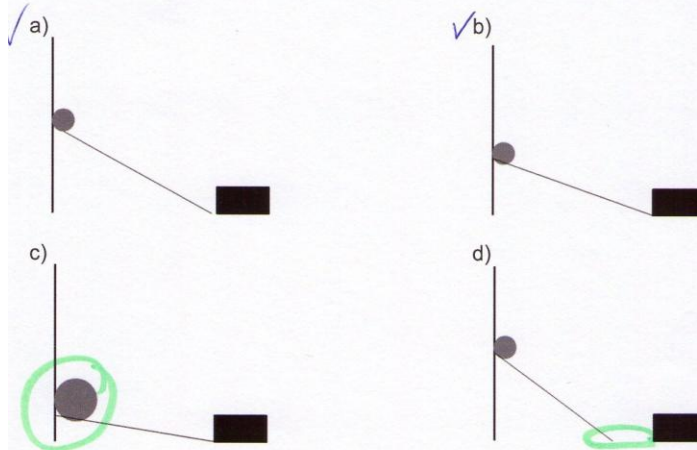


Versuchsreihe (2)

Frage: Beeinflusst die Neigung der Bahn, die Weite, um die der Klotz verschoben wird?

Unabhängige Variable: Neigung der Bahn

Kontrollvariablen: Startpunkt Klotz, Größe der Kugel

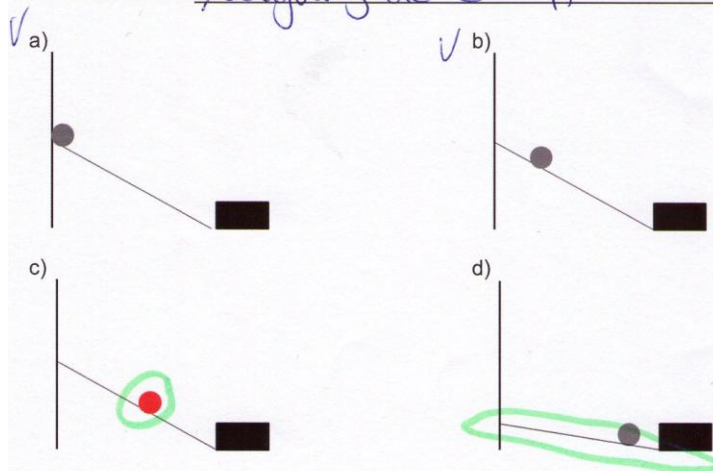


Versuchsreihe (3)

Frage: Hängt die Weite, um die der Klotz weggeschoben wird, davon ab, wo die Kugel anfängt loszurollen?

Unabhängige Variable: Startpunkt Kugel

Kontrollvariablen: Neigung der Bahn, Material Kugel



5

Abbildung 21: Fehlersuche

Von außen betrachtet wurde die Aufgabe sehr unterschiedlich bearbeitet. Während ein Teil der SuS-Gruppen sehr ausführlich Fehler und Variablen beschrieben, haben anderen SuS-Gruppen die Fehler sehr knapp beschrieben bzw. eingezeichnet. Als Kontrollvariablen und/oder unabhängige Variable notierten SuS-Gruppen Variablen wie Klotz, Bahn oder Kugel. Diese Aussagen lassen vermuten, dass die SuS nicht

verstanden haben, was genau eine Variable ist und dass man sie möglichst genau beschreiben muss (z.B. Material des Klotzes).

Bei dieser Aufgabe wurden auch die ersten Kommentare hinzugefügt. Einer Gruppe sind es „zu viele Bälle“, eine andere Gruppe meint „Wir mögen diese Versuchsreihen nicht“ und die dritte Gruppe findet die Aufgabenstellung „irreführend“.

Alles in allem zeigen sich bei dieser Aufgabe große Unterschiede zwischen den Gruppen. Einige schaffen die Aufgabe problemlos, während andere bereits Probleme beim Notieren der Variablen haben. Das deutet also darauf hin, dass nur ein Teil der SuS die angestrebten Konzepte erreicht hat.

### **Freier Fall in Luft**

An die Fehlersuche knüpft sich die Aufgabenserie zum Themenbereich „Freier Fall in Luft“ an. Der Themenbereich wird anhand des Fallschirmspringers in den Alltag eingebunden und es wird der Hinweis gegeben, dass exemplarisch drei Eigenschaften des Kegels untersucht werden.

An während der Erprobung von den SuS geäußerten Aussagen wie „Freier Fall das absolute Topthema der Physik“ oder auch „Schon wieder freier Fall“ war bereits bei der Erprobung klar, dass zumindest die SuS zweier Klassen dieses Thema bereits kannten. Die SuS nannten ausnahmslos plausible unabhängige Variablen. Zu den am meisten genannten Variablen zählte vor allem der Luftwiderstand. Antworten wie „Höhe des Absprungs“ oder „Körperhaltung des Fallschirmspringers“ lassen vermuten, dass die SuS teilweise weiterhin von dem Fallschirmspringer aus dem Eingangsbeispiel ausgingen. Dies zeigte sich auch im weiteren Verlauf, als die SuS die Kegel mit der Spitze nach oben fallen gelassen haben. Auf Nachfrage, warum sie die Kegel nicht mit der Spitze nach unten fallen ließen, antworteten die SuS häufig, dass es mit der Spitze nach oben wie ein Fallschirm aussehen würde. Da die Kegel aber mit der Spitze nach oben, nicht geradlinig zu Boden fallen und somit die Messunsicherheiten deutlich vergrößern, wurde nach der ersten Erprobung des Materials an entsprechender

Stelle ein Tipp eingefügt, der die SuS darauf hinweist, dass sie die Kegel mit der Spitze nach unten fallen lassen sollen. Dieser wurde dann in den folgenden Durchläufen durchgehend befolgt.

Nachdem drei mögliche unabhängige Variablen notiert waren, sollte die abhängige Variable notiert werden. Hier zeigten sich wieder Schwierigkeiten. 23 von 31 Gruppen konnten die abhängige Variable richtig nennen. Falsche Antworten waren hier unter anderem das Material der Kegel und die Höhe des Absprungs. Die Höhe des Absprungs deutet erneut darauf hin, dass die SuS beim freien Fall an den Fallschirmspringer dachten. Ein Grund für die Probleme bei der abhängigen Variablen könnte auch die Formulierung „Überlegen Sie sich drei Variablen, von denen die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit abhängen könnte“ sein. Sie gibt keinen eindeutigen Hinweis darauf, dass die SuS an dieser Stelle unabhängige Variablen notiert haben.

An den Aussagen der SuS während der Erprobungsstunden wurde deutlich, dass sie teilweise Probleme mit den sehr ähnlichen Wörtern abhängige und unabhängige Variable hatten. Die SuS stellten sich oft die Frage „Wovon hängt das denn jetzt ab?“. Diese Formulierung lässt vermuten, dass die SuS teilweise die abhängige und die unabhängige Variable miteinander verwechselten.

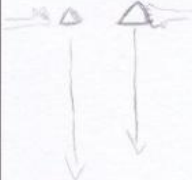
Nachdem die SuS die Variablen notiert und kontrolliert hatten, sollten die SuS die Variablen Größe, Gewicht und Fallhöhe des Kegels in drei Teilaufgaben überprüfen.

Die erste Aufgabe besteht darin, den Einfluss der Größe anhand eines selbstentwickelten Experiments zu überprüfen. Bedingung ist ein qualitativer Nachweis, das heißt die SuS sollen keine Messwerte für die Beantwortung der Frage aufnehmen. Hier zeigten sich wieder deutliche Unterschiede in der Bearbeitung. Ein Teil der SuS wusste scheinbar bereits die Antwort auf die Frage und führte den Versuch nicht durch. Andere SuS hingegen nahmen Messwerte in Form von Fallzeiten verschiedener Kegel auf und berechneten die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit. Weitere Unterschiede kann man auch wieder in der Ausführlichkeit der Versuchsbeschreibungen feststellen. Insgesamt wird deutlich, dass die SuS Zeichnungen bevorzugen. Die beiden

Abbildungen zeigen auch die großen Unterschiede bei der Beschreibung des Aufbaus und der Durchführung. Abbildung 22 enthält lediglich eine Zeichnung, aus der sich ablesen lässt, dass zwei unterschiedlich große Kegel aus scheinbar derselben Höhe fallen gelassen werden. Die SuS von denen die Beschreibung aus Abbildung 23 stammt, beschreiben die Durchführung in kurzen Sätzen. Allerdings wurde hier der Hinweis einen Versuch ohne Messwerte zu beschreiben nicht berücksichtigt.

Weiter zeigen die beiden Abbildungen die unterschiedliche Art und Weise wie die SuS ihr Ergebnis notieren. In Abbildung 22 wird ein vollständiger Satz formuliert, der das Ergebnis und die Antwort auf die Frage beinhaltet. Dagegen werden in Abbildung 23 lediglich die Messwerte notiert und die Fallgeschwindigkeiten ausgerechnet, die daraus resultierende Schlussfolgerung bleibt allerdings offen.

Aufbau & Durchführung:



Denken Sie bei der Durchführung an mögliche Kontrollvariablen! Notieren Sie exemplarisch mind. zwei Variablen, die Sie kontrolliert haben.

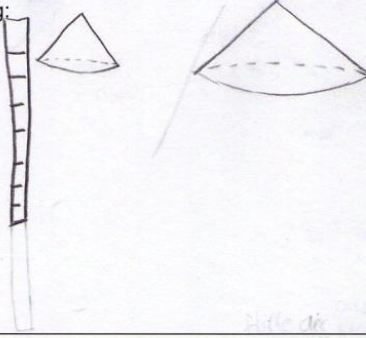
1. kegelgröße
2. Material des kegels

Notieren Sie ein Ergebnis der Untersuchung bzw. versuchen Sie die oben gestellte Frage zu beantworten!

Ja, die Fallgeschwindigkeit hängt von der Größe des Kegels ab, weil der Widerstand größer ist je nachdem wie groß/klein der Kegel ist.

Abbildung 22: Freier Fall 1

Aufbau & Durchführung:



Durchführung:

- 1) Man lässt 2 unterschiedliche Kegel aus der gleichen Höhe fallen
- 2) Dabei wird die Zeit gemessen, die die Kegel benötigen um den Boden zu erreichen
- 3) Aus den Angaben der Zeit und der Strecke kann man die Geschwindigkeit berechnen.  $v = \frac{s}{t}$

Denken Sie bei der Durchführung an mögliche Kontrollvariablen! Notieren Sie exemplarisch mind. zwei Variablen, die Sie kontrolliert haben.

1. Länge der Strecke
2. Ortsfaktor

Notieren Sie ein Ergebnis der Untersuchung bzw. versuchen Sie die oben gestellte Frage zu beantworten!

kleiner Kegel: 1,28 sec.  $\Rightarrow v = \frac{s}{t} \quad v = \frac{2m}{1,28s} \quad v_k = 1,56 \frac{m}{s}$   
großer Kegel: 1,76 sec.  $\Rightarrow v = \frac{s}{t} \Rightarrow v = \frac{2m}{1,76s} = v_g = 1,13 \frac{m}{s}$

Abbildung 23: Freier Fall 2

Der anschließende Versuch (2) stellte scheinbar kein großes Problem für die SuS dar. Bis auf wenige Ausnahmen haben alle SuS eine richtige Frage und Antwort formuliert. Jedoch wurde nicht immer der von den Gruppen festgestellte Einfluss (je schwerer, desto schneller) als Ergebnis aufgeschrieben. Das könnte allerdings auch daher kommen, dass in der Aufgabenstellung nicht explizit gefordert wurde, dass der Einfluss untersucht werden sollte.

Der dritte Versuch in diesem Themenfeld beinhaltet den bereits beschriebenen komplexen Zusammenhang zwischen Fallhöhe und durchschnittlicher Fallgeschwindigkeit. Wie in Kapitel 0 erläutert, kann die Abhängigkeit der Fallgeschwindigkeit von der Fallhöhe erst ab einer gewissen Höhe vernachlässigt werden. Diese Höhe ist allerdings wiederum abhängig von Masse und Größe des Kegels. Leider hat keine Gruppe den Zusammenhang erkannt. Das liegt vor allem daran, dass

die vergleichsweise großen Messunsicherheiten teilweise eine solche Interpretation nicht zugelassen haben. Allerdings passten die genannten Ergebnisse beim Großteil der Gruppen zu den Messwerten. Abweichungen wurden nahezu immer auf Messunsicherheiten zurückgeführt. Für manche SuS war der Effekt auch überhaupt nicht sichtbar, da sie alle Kegel ineinander gesteckt und damit die nötige Fallhöhe zu sehr vergrößert hatten.

Auch die nachfolgende Seite, die die Aufmerksamkeit noch einmal auf den Unterschied zwischen den Werten lenken soll, wurde scheinbar nur von wenigen SuS bearbeitet. Sofern die Seite bearbeitet wurde, wurden vor allem die aufgenommenen Messwerte miteinander verglichen. Eine Antwort auf die gestellte Frage, warum es wichtig ist den gesamten Bereich zu betrachten, wurde lediglich einmal begründet beantwortet.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Versuche (1) und (2) größtenteils richtig beantwortet wurden. Den Zusammenhang der bei Versuch (3) beobachtet werden soll, konnte leider keine Gruppe herausarbeiten. Festzuhalten ist aber auch, dass die Zuordnung der Variablen noch nicht problemlos funktioniert.

An einer Antwort (vgl. Abbildung 24) lässt sich das in Kapitel 0 Phänomen, dass SuS von ihrer Vorstellung abweichende Ergebnisse nicht anerkennen können, sichtbar. Obwohl die Messwerte einen Unterschied von maximal  $0,55 \frac{m}{s}$  zeigen, halten die SuS dieser Gruppe an ihrer Vorstellung fest, dass die Geschwindigkeit eine Konstante ist und es daher gar keinen Einfluss geben kann.

Fallhöhe [m]	Fallzeit [s]	Durchschnittliche Fallgeschwindigkeit $\left[\frac{m}{s}\right]$
2	1,85	1,08
1,5	1,43	1,04
1	0,87	1,15
0,5	0,55	0,9
0,3	0,5	0,6
1,7	1,62	1,04
2,5	2,21	1,13

Ergebnis:  
Nein, da die Geschwindigkeit eine Konstante darstellt und die Abweichungen kommen durch die Messfehler.

Abbildung 24: Freier Fall 3

### Federpendel

Dass die Unterscheidung der verschiedenen Variablen noch nicht von allen SuS problemlos angewendet wird, zeigen auch die Antworten beim Themenbereich Federpendel. Dieser Bereich wurde allerdings nur von insgesamt 14 Gruppen bearbeitet. Jedoch haben vier Gruppen nur die erste Seite bearbeitet und lediglich fünf Gruppen haben auch die letzte Aufgabe bearbeitet. Die abhängige Variable war bei zehn Gruppen richtig. Aber auch hier wurden teilweise noch Kontrollvariablen als abhängige Variable genannt.

Bei Versuch (1) sollen die SuS den Einfluss der Auslenkung auf die Schwingungsdauer untersuchen. Hier haben nur zwei Gruppen eine Versuchsdurchführung beschrieben, die darauf schließen lässt, dass der Einfluss überprüft werden kann. Das Hauptproblem war hier scheinbar zu verstehen, was bei einem Federpendel unter dem Begriff Auslenkung verstanden wird. In der Einheit gibt es dazu nur eine Abbildung (vgl. Abbildung 25) und keinen erklärenden Text. Die meisten SuS haben die Abbildung scheinbar so verstanden, dass die Ablenkung die Länge ist, um die sich die Feder ausdehnt, wenn man ein Gewicht anhängt.



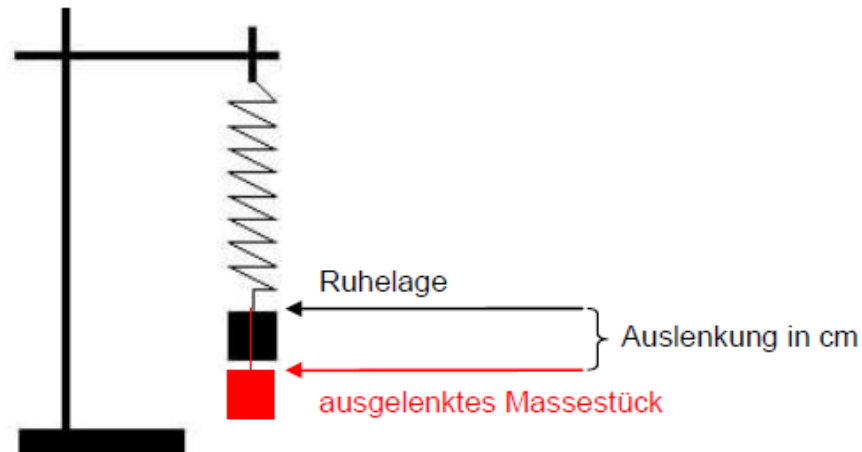


Abbildung 25: Aufbau Federpendel

Hier kam es also eindeutig zu einem fachlichen Verständnisproblem, welches eventuell durch einen erklärenden Text behoben werden kann. Beim nächsten Versuch sollten die SuS die unabhängige Variable, mindestens zwei Kontrollvariablen und als Ergebnis einen „Je..., desto...“-Satz formulieren. Ein Großteil der Gruppen, die diese Aufgabenserie bearbeitete, konnte die unabhängige Variable sowie die Kontrollvariablen richtig benennen. Außerdem notierten sie einen richtigen „Je..., desto...“-Satz. Die guten Ergebnisse zeigen also, dass die SuS scheinbar die Variablen unterscheiden können.

Die letzte Aufgabe dieses Themenfelds haben nur sehr wenige Gruppen bearbeitet. Bei dieser Aufgabe wird die einzige Hilfekarte zur Verfügung gestellt. Die Beobachtungen zeigten jedoch, dass keine Gruppe diese Karte in Anspruch nahm. Anscheinend fanden die SuS die Aufgabe leichter als bei der Entwicklung erwartet. Fünf Gruppen beschreiben ein Vorgehen, das durchaus geeignet ist. Allerdings können nur drei Ergebnisse als richtig ausgewiesen werden, weil das Ergebnis „siehe Taschenrechner“ beispielsweise nicht gewertet werden kann (vgl. Abbildung 26).



### Versuch (3)

Angenommen Sie vermuten, dass die Schwingungsdauern eines Federpendels folgendermaßen berechnet werden kann:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$$

Mit T: Schwingungsdauer,  
D: Federkonstante  
m: angehängte Masse

**Wie müsste man vorgehen, um diese Vermutung zu überprüfen?**

Mit der Tabelle abgleichen, also überprüfen, ob die Formel auf die gemessenen Werte zutrifft

**Überprüfen Sie den vermuteten Zusammenhang. Nutzen Sie ggf. die Rückseite, für Messwerte, Rechnungen usw.**

**Notieren Sie ein Ergebnis**

siehe Taschenrechner

Falls Sie keine Idee haben, nehmen Sie Hilfe 1 in Anspruch.

Abbildung 26: Aufgabenbeispiel Formel überprüfen

Im Zuge der Einheit scheint dieses Themenfeld das Schwierigste zu sein. Das liegt vermutlich daran, dass die SuS das Federpendel bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht kennengelernt haben. Positiv festgehalten werden kann aber, dass dennoch ein Großteil der Variablen richtig notiert worden sind.

### Weiterführende Aufgabe

Abschluss der Lerneinheit bildet die weiterführende Aufgabe, die die Variablen aufgreift, die keinen Einfluss haben. Es wurden drei Fragen formuliert, die die SuS mit Begründung beantworten sollen. Alle zwölf Gruppen, die die Aufgabe bearbeitet haben, konnten die Fragen richtig

beantworten. Die Begründungen waren dabei eher knapp gehalten und lauteten meist „Weil es keinen Einfluss hat“.

*Zum Weiterdenken*

Zurück zu dem anfänglichen Eier-Experiment.

**Diskutieren Sie die folgenden Fragen und versuchen Sie anschließend jeweils eine kurze Antwort mit Begründung zu formulieren:**

- Warum haben Sie wahrscheinlich nicht die Farbe der Küche, die Jahreszeit und die Größe des Kochs ~~nicht als~~<sup>als</sup> unabhängige Variable aufgezählt?
- Warum würden Sie diese Variablen vermutlich in einem Experiment auch nicht als Kontrollvariablen bezeichnen?
- Müssen Sie auch eine Variable kontrollieren, wenn Sie bereits nachgewiesen haben, dass diese keinen Einfluss auf die abhängige Variable hat?

a) ~~Dies sind die abwägigsten~~ Diese Größen sind alle sehr abwägig und sind für den Versuch nicht wichtig

b) (Diese Variablen verändern sich sowieso niemals, also könnte man sie der Gründlichkeit halber auch aufschreiben)

c)

**Ihre Ideen können Sie mit Kontrollkarte 8 abgleichen.**

Abbildung 27: Aufgabenbeispiel: weiterführende Aufgabe

Das daran anschließende Gedankenexperiment kann an dieser Stelle nicht ausgewertet werden, da die SuS nur diskutieren und nichts notieren sollten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass zumindest ein Großteil der SuS am Ende der Einheit die unterschiedlichen Variablenarten richtig zuordnen und das Prinzip der Variablenkontrolle anwenden. Besonders große Verständnisprobleme gab es bei der Fehlersuche und der Aufgabenserie zum Themenfeld „Federpendel“. Alltagsbezogene Fragen beantworten die SuS scheinbar intuitiv richtig (siehe Themenfeld Eierkochen bzw. weiterführende Aufgabe).

## 6.2 Änderungsvorschläge

Anhand der Ergebnisse aus der Auswertung werden im Folgenden Möglichkeiten angesprochen, die zusätzlich zu den während der

Erhebung bereits vorgenommenen Änderungen, die Lerneinheit verbessern könnten.

Ein besseres Verständnis der Begriffe könnte dadurch erreicht werden, dass die unabhängige Variable Testvariable genannt wird. Dies ist durchaus ein ebenfalls gängiger Begriff in den Naturwissenschaften und führt nicht zu Verwechslungen mit der abhängigen Variablen aufgrund der Namensähnlichkeit. Allerdings gibt es auch hier Schwierigkeiten bei der Definition. Es kann zum einen die Variable, die getestet wird (hier abhängige Variable) als Testvariable definiert werden. Zum anderen kann auch die Variable, deren Einfluss getestet werden soll (hier unabhängige Variable), als Testvariable verstanden werden. Bei der Entwicklung der Lerneinheit wurde diese Möglichkeit bedacht.

Während des Erprobungsdurchlaufs wurde die Reihenfolge der Aufgaben bei der Fehlersuche getauscht, weil sich gerade die erste Versuchsreihe zur Untersuchung des Materials als besonders schwierig erwies. Es erscheint darüber hinaus sinnvoll bei allen Versuchsreihen nur in maximal zwei der vier gezeigten Versuchsreihen Fehler einzubauen und dabei sollte darauf geachtet werden, dass keine grafischen Fehler (wie hier eine kleine Lücke zwischen Bahn und Klotz) entstehen. Außerdem könnte hier eine Hilfekarte angeboten werden, die den SuS einen Tipp gibt, wie sie an die Aufgabe herangehen könnten.

Messunsicherheiten lassen sich dadurch reduzieren, dass die SuS dazu aufgefordert werden mehrfach zu messen und einen Mittelwert zu berechnen oder zwei Stoppuhren pro Gruppe zur Verfügung stehen, sodass zwei SuS messen können. Teilweise haben die SuS bereits ohne einen entsprechenden Hinweis mehrere Messwerte aufgenommen und den Mittelwert gebildet.

Beim Themenfeld „Federpendel“ konnten leichte Probleme beim Aufbau des Federpendels beobachtet werden. Eine Abbildung, die genau die zur Verfügung stehenden Materialien zeigt, könnte diese Probleme minimieren. Außerdem könnte die Auslenkung und das Messen der Auslenkung deutlicher thematisiert bzw. erklärt werden.

Auch in diesem Themenfeld wurde während der Erprobungsphase ein Tipp bzgl. der Kombination aus Feder und Gewicht eingefügt, da nicht alle Kombinationen eine messbare Schwingungsdauer erzeugen. Besser wäre an dieser Stelle vielleicht bestimmte Kombinationen aus Federkonstante und Gewicht vorzugeben.

Wie die Erprobung ebenfalls gezeigt hat, holten die SuS teilweise entweder alle Karten oder immer drei Karten an ihren Tisch und verglichen dann mehrere Seiten nacheinander. Das deutet also darauf hin, dass die Kontrollkarten nicht wie intendiert verwendet wurden. Da die Stellen, an denen die Werte verglichen werden sollen, jedoch von Bedeutung sind und es nicht Sinn und Zweck ist die Ergebnisse erst drei Seiten später zu vergleichen, könnte das Einarbeiten der Kontrollkarten in die Einheit eine Verbesserung darstellen. Um Zeit einzusparen, könnten Kegel beispielsweise aus fester Folie oder Pappe vorgefertigt werden. Kegel aus Papier sind für mehrmaligen Gebrauch nicht geeignet, weil die Spitze durch das Aufkommen auf dem Boden kaputt geht.

### **6.3 Antworten auf die Fragestellungen aus Kapitel 4**

Im Zuge der begrenzten Zeit und daraus resultierenden knappen Auswertung können die Fragen nur anhand der Ergebnisse aus der Auswertung der Lerneinheit beantwortet werden.

#### *(1) Kommen die SuS mit dem Material zurecht?*

Aus den Beobachtungen während der Erprobungsphase kann geschlussfolgert werden, dass die Bearbeitungszeit von 90 Minuten nur dann ausreichend ist, wenn die SuS bereits vorgefertigte Kegel bereitgestellt bekommen. Aufgrund der wenigen Nachfragen, die teilweise auch durch einfaches Weiterlesen beantwortet werden konnten, und die große Anzahl richtig bearbeiteter Aufgaben kann gefolgert werden, dass die entwickelte Lerneinheit selbstständig bearbeitet werden kann und die Formulierungen verständlich sind. Sicherlich können vor allem die Formulierungen bei der Fehlersuche optimiert werden. Außerdem sollten alle Formulierungen nochmal

dahingehend geprüft werden, ob sie auch keine Doppeldeutung beispielsweise in Bezug auf die Verwendung der Variablen zulassen, wie zum Beispiel die Frage nach Variablen, von denen die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit abhängt.

Wird in der Lerneinheit vor allem die Auslenkung des Federpendels deutlicher thematisiert, kann der Schwierigkeitsgrad der gewählten Beispiele als angemessen angesehen werden, da jede Aufgabe von mehr als der Hälfte der SuS richtig beantwortet werden konnte.

### *(2) Werden die Konzepte aufgebaut?*

Die Ergebnisse zeigen, dass jeweils ein Großteil der SuS die Variablen richtig zuordnen können und die Antworten auf der letzten Seite alle richtig waren. Fraglich ist allerdings, ob die Konzepte dauerhaft aufgebaut werden konnten oder die Aufgaben intuitiv richtig beantwortet wurden. Das deutet außerdem darauf hin, dass die Lerneinheit offensichtlich dazu geeignet ist den SuS das Prinzip der Variablenkontrolle beizubringen. Allerdings können aus den schriftlichen Ergebnissen nur sehr bedingt Rückschlüsse gezogen werden, inwieweit die Konzepte wirklich aufgebaut wurden. Daher ist es notwendig die Videos hinsichtlich der Gespräche zwischen den SuS zu analysieren.

## 7 Zusammenfassung & Ausblick

Die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen werden durch die KMK Bildungsstandards (2004) gefordert und lassen sich in die folgenden drei Teilbereiche unterteilen:

- Hypothesen generieren
- Experimente planen und durchführen
- Empirische Befunde interpretieren

Diese Teilbereiche wurden zusammen mit den gesetzlichen Rahmenbedingungen und empirischen Befunden zur Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts im ersten Teil der Arbeit ausführlich dargestellt.

Daran anschließend wurde nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion eine Lerneinheit zum Schwerpunkt „Experimente planen und durchführen“ entwickelt und dargestellt. Diese Lerneinheit soll dazu dienen die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen insbesondere das Prinzip der Variablenkontrolle im Unterricht zu integrieren. In der Lerneinheit werden verschiedene (fachliche) Themenfelder behandelt. Diese Lerneinheit wurde in vier elften Klassen eines hessischen Oberstufengymnasiums erprobt und anhand der ausgefüllten Lerneinheiten in Hinblick auf das Erreichen intendierter Konzepte und Probleme bei deren Bearbeitung ausgewertet. Die Ergebnisse der Auswertung der Lerneinheiten zeigen, dass die Lerneinheit grundsätzlich dazu geeignet ist, um naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht zu etablieren.

Um die Lernwirksamkeit der Einheit noch besser beurteilen zu können, müssen die bisher nicht betrachteten Videos ausgewertet werden, da diese vertiefte Einsicht in die Bearbeitungsprozesse der SuS geben können.

Außerdem wurde bei der bisherigen Auswertung der ausgefüllten Lerneinheiten keine längsschnittliche Betrachtung einzelner Gruppen vorgenommen. Dieser ist jedoch notwendig, um zu erkennen, ob anfangs auftretende Probleme bezüglich der Bearbeitung während der Bearbeitung der Einheit beseitigt werden können oder ob es Probleme gibt, die sich auch noch nach der Bearbeitung der Einheit zeigen. Es

könnte auch beurteilt werden, ob eventuelle Probleme themenfeldspezifisch sind.

Zusätzlich könnten Vor- und Nachtests und Fragebögen dazu eingesetzt werden, um die Lernwirksamkeit zu testen.

Die gewonnenen Daten können darüber hinaus Aufschluss darüber geben, wie die SuS miteinander arbeiten. Zentrale Fragen dazu könnten sein:

- Wie arbeiten die SuS in den Gruppen zusammen?
- Wie verhalten sich die SuS bei schwierigen Aufgaben bzw. bei Aufgaben, bei denen sie nicht weiterkommen?
- Ist das Lernmaterial dazu geeignet die SuS zu Diskursen (z.B. über Ergebnisse) anzuregen?

Abschließend lässt sich sagen, dass die Entwicklung einer solchen Lerneinheit einen Beitrag dazu leistet, den SuS das geforderte Wissen über die Naturwissenschaften näher zu bringen und sie somit zu mündigen Bürgern unserer Gesellschaft zu erziehen.



## A. Literaturverzeichnis

Baumert, J., Bos, W., Brockmann, J., et al. (2000): TIMSS/ III – Deutschland, Der Abschlussbericht, Zusammenfassung ausgewählter Ergebnisse der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung am Ende der Schullaufbahn, Zugriff am 07.05.2013 unter: <http://www.timss.mpg.de/>

BLK (1997): Gutachten des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“, Heft 60, Bonn: BLK

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

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

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

Duit, R., Tesch, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2010): Das Experiment im Physikunterricht, in: Physik im Kontext, Nr. 7, Seelze: Friedrich Verlag, S. 1-5.

Fischer, H. E. (1998): Scientific Literacy und Physiklernen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft, Nr. 2, S. 41-52.

Hamann, M., Phan, T. T. H., Ehmer & Bayrhuber. M. H. (2006): Fehlerfrei Experimentieren. In: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, Nr. 5, S. 292-299.



Hessisches Kultusministerium (HKM), 2011): Bildungsstandards und Inhaltsfelder – Das neue Kerncurriculum für Hessen, Sekundarstufe I – Gymnasium, Physik. Zugriff am 07.05.2013 unter:

[http://verwaltung.hessen.de/irj/HKM\\_Internet?cid=9ac-47f3484b40a67a678fd2f4ba49cdd](http://verwaltung.hessen.de/irj/HKM_Internet?cid=9ac-47f3484b40a67a678fd2f4ba49cdd)

Hessisches Kultusministerium (HKM, 2010): Lehrplan Physik – Gymnasialer Bildungsgang. Zugriff am 07.05.2013 unter:

[http://verwaltung.hessen.de/irj/HKM\\_Internet?cid=ac-9f301df54d1fbfab83dd3a6449af60](http://verwaltung.hessen.de/irj/HKM_Internet?cid=ac-9f301df54d1fbfab83dd3a6449af60)

Kammann, C. (2012): Analyse der Erkenntnisprozesse von Schülerinnen und Schülern in offen gestalteten Lernumgebungen, Hamburg: Verlag Dr. Kovac.

Kattmann, U. (2007): Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In: Krüger, D., Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung, Heidelberg: Springer Verlag, S. 93-103

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

Meyer, H. (2004): Was ist guter Unterricht?, 7. Auflage, Berlin: Cornelsen Verlag.

Mikelskis-Seifert, S. & Duit R.(2010): Naturwissenschaftliches Arbeiten. In: Physik im Kontext, Nr.6, Seelze: Friedrich Verlag, S. 1-5.

Nawrath, D., Maiseyenko, V. & Schecker, H. (2011): Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. In: Physik der Naturwissenschaft, Heft 6, Freising: Aulis Verlag, S. 42-49.

Schecker, H. (2007): Die Bildungsstandards Physik – Orientierungsrahmen für den Unterricht. In: Unterricht Physik, Nr. 97, Seelze: Friedrich Verlag, S. 4-11.

Seilnacht, T. (2004): Naturwissenschaftliches Arbeiten mit Schülerinnen und Schülern, Bern: Verlag Seilnacht.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK), (2004): Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss.

Zugriff am 07.05.2013 unter:

<http://www.kmk.org/bildung-schule/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards/dokumente.html>

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK, 2012 a)): Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife. Zugriff am 07.05.2013 unter: <http://www.kmk.org/bildung-schule/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards/dokumente.html>

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK, 2012 b)): Bildungsstandards im Fach Deutsch für die Allgemeine Hochschulreife.

Zugriff am 07.05.2013 unter: <http://www.kmk.org/bildung-schule/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards/dokumente.html>

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK, 2012 c)): Bildungsstandards für die fortgeführte Sprache (Englisch/ Französisch) für die Allgemeine Hochschulreife. Zugriff am 07.05.2013 unter: <http://www.kmk.org/bildung-schule/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards/dokumente.html>

Vorholzer, A. (2012): Teilfähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitens und ihre zentralen Konzepte. Institut für Didaktik der Physik, Justus-Liebig-Universität Gießen (unveröffentlicht).

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

Willer, J. (2003): Didaktik des Physikunterrichts, Frankfurt am Main: Wissenschaftlicher Verlag Hari Deutsch.

## **B. Anhang I – Lernmaterial**

Benötigtes Material für die Lerneinheit:

(Angaben jeweils pro Gruppe)

### Freier Fall

- Kegel – Vorlagen
- 2 Scheren
- Tesafilm
- Maßband
- Stoppuhr (wenn möglich 2)

### Federpendel

- 1 Standfuß
- 1 lange Stativstange
- 1 Verbindungsstück
- 1 Haken für Federn
- 1 Halterung für Gewichte
- Gewichte (1x 50g, 10x 10g)
- Stoppuhr (wenn möglich 2)
- 4 Federn

## Wovon hängt die Härte eines gekochten Eies ab?

Stellen Sie sich vor Sie wollen ein Ei im Topf kochen. Wovon hängt die Härte des Eies vermutlich ab?

**Überlegen Sie sich drei weitere Faktoren, die einen Einfluss auf die Härte eines Eies haben könnten.**

Die Härte eines gekochten Eies hängt vermutlich ab von:

- Der Farbe des Eies (braun oder weiß)
- Der Menge des zum Kochen verwendeten Wassers
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**Überprüfen Sie ihre Überlegungen mithilfe der Kontrollkarte 1 auf dem Lehrerpult.**

Sie haben sich jetzt Faktoren überlegt, die einen Einfluss auf die Härte eines gekochten Eies haben könnten. In den Naturwissenschaften nennt man diese Faktoren *Variablen*. Das Wort Variable hängt mit der Idee zusammen, dass sich ein Faktor verändern - "variieren" - kann. Auch die Härte des Eies ist eine Variable, weil sie sich verändern kann.

**Überlegen Sie sich nun einen Versuch, mit dem Sie prüfen können, ob die Variable „Kochzeit“ einen Einfluss auf die Variable „Härte des Eies“ hat.**

**Beschreiben Sie so genau wie möglich, wie Sie den Versuch durchführen würden.**

*Tipp: Sie können den Versuch wie eine Anleitung in einem Kochbuch schreiben und in aufeinanderfolgende Schritte unterteilen.*

Sind Sie mit der Beschreibung des Versuchs fertig?

**Vergleichen Sie Ihren Versuch mit Kontrollkarte 2 und lesen Sie erst dann weiter!**

Ihr Versuch sollte zwei Kochvorgänge miteinander vergleichen:  
Einmal das Kochen eines 5min-Eies und einmal das Kochen eines 7min-Eies.

**Diskutieren Sie:** Warum sollten Sie in beiden Kochvorgängen ...

Eier aus gleicher Haltung und mit gleicher Farbe nehmen,  
den gleichen Topf nehmen,  
diese(n) mit der gleichen Wassermenge füllen,  
das Ei jeweils bei der gleichen Temperatur in das Wasser legen,  
die Eier auf der gleichen Herdplatte kochen,  
die Eier jeweils bei der gleichen Wassertemperatur kochen?

**Müssen die Eier die gleiche Größe haben? Wenn ja, warum, wenn nein, warum nicht?**

Die Eier  müssen /  müssen nicht die gleiche Größe haben, weil ...

**Schauen Sie auf Kontrollkarte 3 nach, ob Sie die richtigen Ideen haben.**

Sie sind vielleicht etwas überrascht, aber wenn Ihre Überlegungen denen auf der Kontrollkarte 3 ähnlich sind, dann haben Sie sich wie ein Naturwissenschaftler einen Versuch nach dem Prinzip der Variablenkontrolle überlegt!

### **Verschiedene Variablen und Variablenkontrolle**

Mit einem Versuch kann man überprüfen, ob eine bestimmte **unabhängige** Variable (hier z.B. die Kochzeit) auf eine andere **abhängige** Variable (hier die Härte des Eies) einen Einfluss hat.

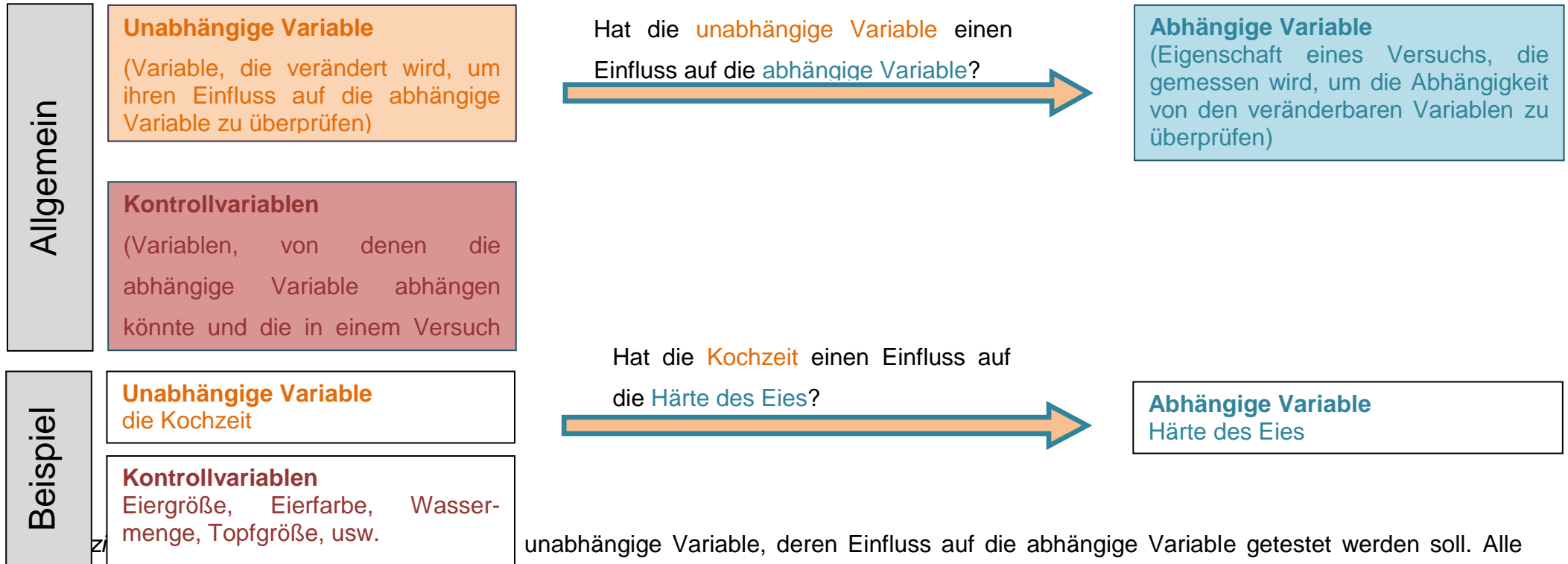
Alle anderen Variablen (z.B. Eiergröße) müssen nach Möglichkeit konstant gehalten werden, damit sicher geprüft werden kann, ob die gewählte unabhängige Variable einen Einfluss hat. Die konstant gehaltenen Variablen werden auch als **Kontrollvariablen** bezeichnet, weil man diese „kontrollieren“ muss. Man bezeichnet dieses systematische Vorgehen in der Wissenschaft als *Variablenkontrolle*.

Das Merkblatt zur Variablenkontrolle auf der nächsten Seite können Sie als Hilfe für die Bearbeitung der folgenden Aufgaben benutzen.

# Merkblatt zur Variablenkontrolle

Variablen sind Größen, die in einem Versuch verändert werden können.

Mit einem Versuch kann man überprüfen, ob eine bestimmte **unabhängige Variable** auf eine andere **abhängige Variable** einen Einfluss hat.



unabhängige Variable, deren Einfluss auf die abhängige Variable getestet werden soll. Alle anderen Kontrollvariablen müssen bei diesem Versuch dann möglichst konstant gehalten werden.

Beispiel: Einfluss der Eierfarbe auf die Härte des Eies

Topfgröße, Wassermenge, Wassertemperatur, usw. müssen bei dem weißen und dem braunen Ei exakt gleich sein, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten.

## Paulas Experimente - Fehlersuche

Paula macht im Physikunterricht mehrere Versuche mit einer Kugel, die eine schiefe Bahn herunterrollt und am unteren Ende auf einen Klotz stößt.

Sie geht der Frage nach, wovon die Strecke, um die der Klotz verschoben wird, abhängt.

**Wie lautet bei diesem Versuch die abhängige Variable?**

---

Paula hat jeweils eine Reihe aus vier Versuchen geplant, um den Einfluss einer unabhängigen Variablen zu überprüfen. Hat Paula ihre Versuche richtig geplant?

**Finden und notieren Sie Fehler in der jeweiligen Versuchsreihe. Überlegen Sie sich zunächst, was jeweils die unabhängige Variable ist und nennen Sie exemplarisch drei Kontrollvariablen.**

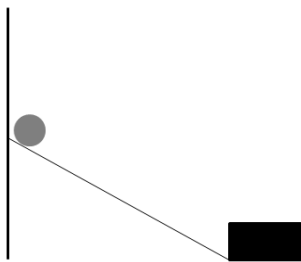
### Versuchsreihe (1)

*Frage: Hängt es vom Material des Klotzes (hier mit unterschiedlichen Farben dargestellt) ab, wie weit der Klotz weggeschoben wird?*

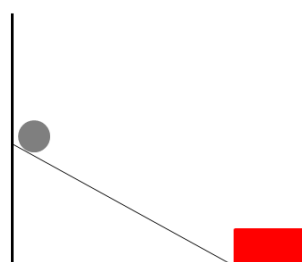
Unabhängige Variable: \_\_\_\_\_

Kontrollvariablen: \_\_\_\_\_

a)



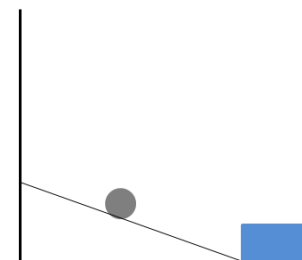
b)



c)



d)





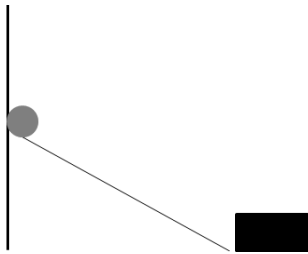
Versuchsreihe (2)

Frage: Beeinflusst die Neigung der Bahn, die Weite, um die der Klotz verschoben wird?

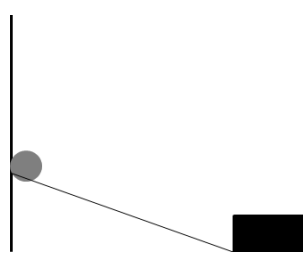
Unabhängige Variable: \_\_\_\_\_

Kontrollvariablen: \_\_\_\_\_

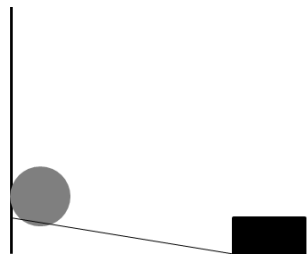
a)



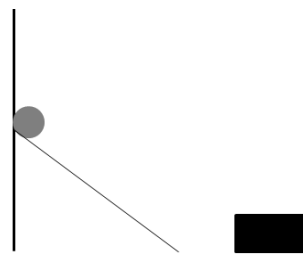
b)



c)



d)



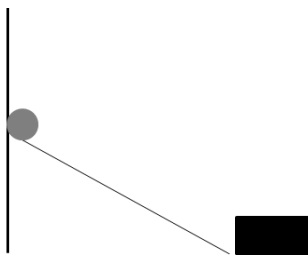
Versuchsreihe (3)

Frage: Hängt die Weite, um die der Klotz weggeschoben wird, davon ab, wo die Kugel anfängt loszurollen?

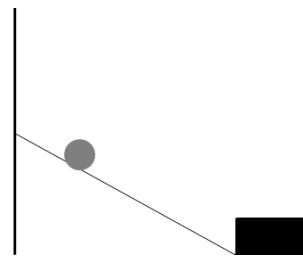
Unabhängige Variable: \_\_\_\_\_

Kontrollvariablen: \_\_\_\_\_

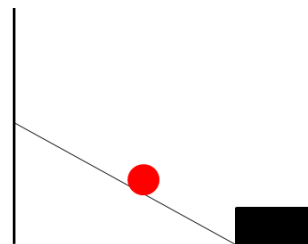
a)



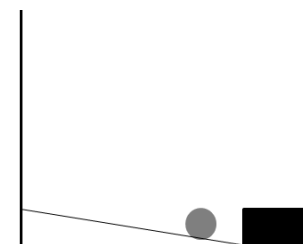
b)



c)



d)



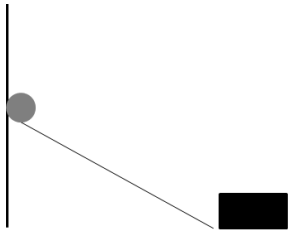
Versuchsreihe (4)

Frage: Sorgt das Material der Kugel (hier durch unterschiedliche Farben dargestellt), für eine unterschiedliche Weite?

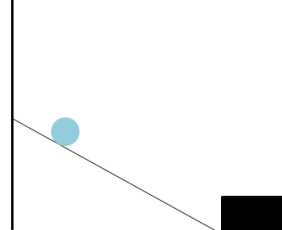
Unabhängige Variable: \_\_\_\_\_

Kontrollvariablen: \_\_\_\_\_

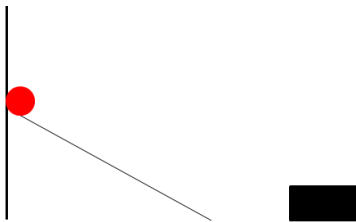
a)



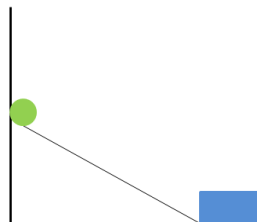
b)



c)



d)



**Vergleichen Sie nun Ihre Ergebnisse mit Kontrollkarte 4!**

## *Der freie Fall*

Wie schafft es ein Fallschirmspringer, im Gegensatz zum Bungee Jumper, so „langsam“ zu fallen, dass er beispielsweise mit anderen Fallschirmspringern noch Formationen fliegen kann? Diesem Phänomen werden Sie im Folgenden auf den Grund gehen.

Die zentrale Frage der Untersuchung lautet:

*Wovon hängt die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit eines fallenden Gegenstandes beim freien Fall in Luft ab?*

Da es eine Menge fallende Gegenstände gibt, deren Untersuchung den zeitlichen Rahmen sprengen würde, sollen Sie im Folgenden exemplarisch drei Eigenschaften von Kegeln untersuchen.

Inwieweit man diese später verallgemeinern kann, muss dann unter Variablenkontrollaspekten separat überprüft werden.

**Überlegen Sie sich drei Variablen, von denen die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit abhängen könnte.**

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**Wie lautet die abhängige Variable für diese Versuchsreihe?**

\_\_\_\_\_

**Kontrollieren Sie nun Ihre Ergebnisse anhand der Kontrollkarte 5.**

**Für die Versuche benötigtes Material liegt bereits auf dem Tisch bereit.**

Versuch (1)

Frage: Hängt die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit von der Größe des Kegels ab?

Überlegen Sie sich einen Versuch, mit dem Sie (ohne Messwerte) die Frage beantworten können. Notieren Sie dafür zunächst wieder die abhängige Variable und die unabhängige Variable.

*Tipp: Lassen Sie die Kegel mit der Spitze nach unten fallen!*

Abhängige Variable: \_\_\_\_\_

Unabhängige Variable: \_\_\_\_\_

Aufbau & Durchführung:

Denken Sie bei der Durchführung an mögliche Kontrollvariablen! Notieren Sie exemplarisch mind. zwei Variablen, die Sie kontrolliert haben.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

Notieren Sie ein Ergebnis der Untersuchung bzw. versuchen Sie die oben gestellte Frage zu beantworten!

Versuch (2)

**Formulieren Sie eine Frage, die durch den folgenden Versuch beantwortet werden kann.**

Sie haben zunächst fünf exakt gleiche Kegel gebastelt. Zuerst lassen Sie einen Kegel aus 2m Höhe fallen, messen die benötigte Zeit mithilfe einer Stoppuhr und notieren diese. Dann stecken Sie zwei Kegel ineinander und lassen diese wieder aus 2m Höhe fallen, stoppen erneut die Zeit und notieren diese. Genauso verfahren Sie mit drei, vier und fünf Kegeln.

Sie erhalten die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit indem Sie die Fallhöhe (2m) durch die jeweilige „Fallzeit“ teilen.

Frage:

**Führen Sie nun den Versuch durch und notieren Sie eine Antwort auf die von Ihnen formulierte Frage.**

Antwort:

Versuch (3)

Frage: Beeinflusst die Fallhöhe die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit des fallenden Kegels?

**Führen Sie nun einen Versuch durch, um die Frage zu beantworten. Notieren Sie in der nachstehenden Tabelle Ihre Messwerte.** (Sie müssen nicht alle Zeilen der Tabelle ausfüllen bzw. können noch mehr Messwerte aufnehmen, wenn Sie es für nötig halten.)

*Tipp: Teilen Sie die Fallhöhe durch die Fallzeit, um die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit zu berechnen.*

Fallhöhe [m]	Fallzeit [s]	Durchschnittliche Fallgeschwindigkeit $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

**Versuchen Sie eine möglichst präzise Antwort auf die oben gestellte Frage zu formulieren.**

Umfassen die von Ihnen gewählten Fallhöhen den gesamten Bereich von 0,30m bis ca. 2,5m?

- Nein:** Führen Sie den Versuch in dem von Ihnen noch nicht untersuchten Höhenbereich durch und ergänzen Sie Ihre Tabelle. Bearbeiten Sie erst danach die nächste Aufgabe!
- Ja:** Bearbeiten Sie direkt die nächste Aufgabe!

**Vergleichen Sie die Messwerte im Bereich 0,3m bis 1m mit den Messwerten im Bereich 1,7m bis 2,5m. Warum ist bei diesem Versuch wichtig, den gesamten Bereich zu untersuchen?**

**Eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Versuchen (1) – (3) finden Sie auf Kontrollkarte 6.**

## Das Federpendel

Wer kennt sie nicht - die Bodenwellen in den deutschen Straßen? Um das Auto- bzw. Fahrradfahren angenehmer zu gestalten, haben Ingenieure Stoßdämpfer bzw. Federgabeln entwickelt. Sie funktionieren nach dem Prinzip des Federpendels, sind allerdings stark gedämpft.

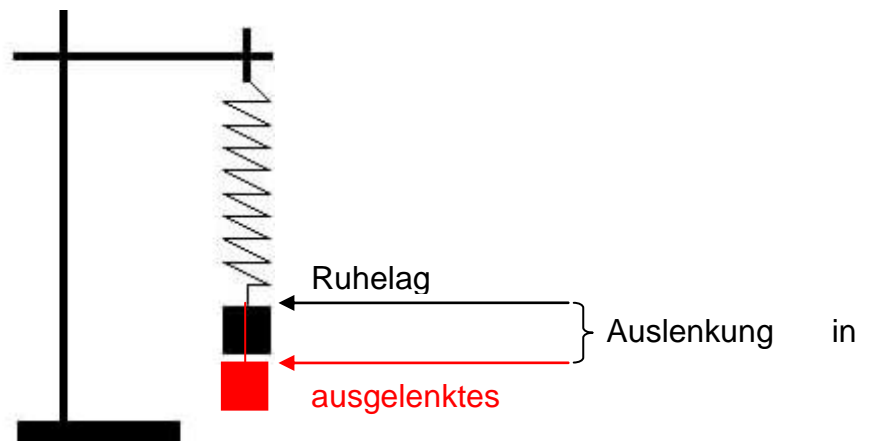


Abbildung 28: Aufbau eines Federpendels

Sie sollen im Folgenden untersuchen, von welchen Variablen die Schwingungsdauer eines Federpendels abhängig bzw. unabhängig ist.

*Tipp: Als Schwingungsdauer wird die Zeit bezeichnet, die ein Massestück benötigt um eine komplette Schwingung zu durchlaufen, d. h. die Zeit, nach der das Massestück den Ausgangspunkt der Auslenkung nach dem Loslassen wieder erreicht hat.*

**Wie lautet die abhängige Variable dieser Versuchsreihe?**

---

**Führen Sie nun eine Versuchsreihe durch, mit der Sie den Einfluss der folgenden drei Variablen prüfen können:**

- Auslenkung der Feder
- „Härte“ der Feder
- Angehängte Masse

**Das nötige Material finden Sie wieder am Lehrerpult.**

*Sie können sich bei der Planung an den Versuchen zum freien Fall orientieren und Ihr „Merkblatt zur Variablenkontrolle“ verwenden.*



Versuch (1)

Frage: Hängt die Schwingungsdauer davon ab, wie stark die angehängte Masse ausgelenkt wird?

Unabhängige Variable: Auslenkung der Feder

Kontrollvariable: Angehängte Masse, Härte der Feder, ...

**Bauen Sie das Federpendel wie in Abbildung 28 auf.**

*Tipp: Beachten Sie die Kombination aus Feder und Gewicht. Je härter die Feder, desto mehr Gewicht müssen Sie anhängen, um eine gut messbare Schwingungsdauer zu erhalten.*

**Achtung! Das Gewicht darf nicht zu stark ausgelenkt werden, da es sich sonst beim Schwingen lösen kann.**

**Beschreiben Sie hier kurz die Durchführung des Versuches.**

**Führen Sie nun einen Versuch durch, um die Frage zu beantworten. Notieren Sie in der nachstehenden Tabelle Ihre Messwerte.**

*Tipp: Um genauere Werte für eine Schwingungsdauer zu erhalten, messen Sie die Zeit für 10 Schwingungen und teilen Sie sie dann durch 10, um die Zeit für eine Schwingung zu erhalten!*

Zeit für 10 Schwingungen [s]	Zeit für eine Schwingung [s]	Angehängte Masse [g]	Nummer der Feder (Härte)	Auslenkung [cm]

**Notieren Sie das Ergebnis Ihrer Versuchsreihe!**

Versuch (2)

Frage: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der „Härte“ der Feder und der Schwingungsdauer?

**Finden Sie es heraus! Notieren Sie dafür zunächst wieder die unabhängige Variable und mind. zwei Kontrollvariablen.**

*Tipp: Die Eigenschaft „Härte“ einer Feder wird durch deren Federkonstante  $D$  ausgedrückt.*

*Es gilt: Je größer die Federkonstante [N/m] einer Feder, desto mehr Kraft wird benötigt, um die Feder um eine bestimmte Länge zu dehnen/ auseinanderzuziehen.*

Unabhängige Variable: \_\_\_\_\_

Kontrollvariablen:

\_\_\_\_\_

**Testen Sie die vier verschiedenen Federn und notieren Sie ihre Messergebnisse tabellarisch auf der Rückseite.**

**Die folgende Tabelle enthält die zur jeweiligen Federnummer gehörigen Federkonstante.**

Federnummer	1	2	3	ohne Nummer
Federkonstante [N/m]	≈ 16	≈ 23	≈ 50	≈ 20

**Formulieren Sie nun einen „Je ..., desto...“-Satz, um das Ergebnis Ihrer Untersuchung festzuhalten.**

**Sie können Ihre Ergebnisse mit der Kontrollkarte 7 vergleichen.**

### Versuch (3)

Angenommen Sie vermuten, dass die Schwingungsdauern eines Federpendels folgendermaßen berechnet werden kann:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$$

Mit T: Schwingungsdauer,  
D: Federkonstante  
m: angehängte Masse

**Wie müsste man vorgehen, um diese Vermutung zu überprüfen?**

**Überprüfen Sie den vermuteten Zusammenhang. Nutzen Sie ggf. die Rückseite, für Messwerte, Rechnungen usw.**

**Notieren Sie ein Ergebnis**

Falls Sie keine Idee haben, nehmen Sie Hilfe 1 in Anspruch.

## *Zum Weiterdenken*

Zurück zu dem anfänglichen Eier-Experiment.

**Diskutieren Sie die folgenden Fragen und versuchen Sie anschließend jeweils eine kurze Antwort mit Begründung zu formulieren:**

- a) Warum haben Sie wahrscheinlich nicht die Farbe der Küche, die Jahreszeit und die Größe des Kochs als unabhängige Variable aufgezählt?
- b) Warum würden Sie diese Variablen vermutlich in einem Experiment auch nicht als Kontrollvariablen bezeichnen?
- c) Müssen Sie auch eine Variable kontrollieren, wenn Sie bereits nachgewiesen haben, dass diese keinen Einfluss auf die abhängige Variable hat?

**Ihre Ideen können Sie mit Kontrollkarte 8 abgleichen.**

## *Ein Gedankenexperiment*

Stellen Sie sich vor, Sie sind Medikamentenhersteller. Um die Wirksamkeit eines Medikaments zu testen, wollen Sie einen Medikamententest durchführen.

**Diskutieren Sie:**

Welche Variablen müssen Sie bei einem Medikamententest berücksichtigen?

Warum ist es bei einem Medikamententest wichtig, dass man Variablen kontrolliert?

Warum erhält bei einer Medikamentenstudie ein Teil der Testpersonen nur ein Placebo (Präparat das keinen Wirkstoff enthält)?

**Vergleichen Sie ihre Ideen mit Kontrollkarte 9 und überlegen Sie sich dann weitere Beispiele aus dem Alltag, wo das Prinzip Variablenkontrolle angewendet wird.**

## **C. Anhang II – Hilfe- und Kontrollkarten**

# Kontrollkarte 1

Mögliche Faktoren, von denen die Härte des Eies abhängen könnte:

- Farbe des Eies (braun oder weiß)
- Menge des zum Kochen verwendeten Wassers
- Größe der Bodenfläche des Topfes
- Größe des Eies (S, M, L, XL)
- Kochzeit
- Art des Kochfeldes (Ceran, Gas, Induktion, Stahl- oder Eisenplatten)
- Temperatur des Wassers, wenn das Ei zugegeben wird
- Material des Topfes
- Ort, an dem das Ei gekocht wird
- Umgebungstemperatur an dem Ort, wo das Ei gekocht wird
- Herkunft des Eies (Bio, Freiland, Bodenhaltung oder Käfig)
- ...

Vermutlich sind Ihnen noch weitere Faktoren eingefallen, die hier nicht aufgeführt wurden. Wie Sie sehen, gibt es eine ganze Menge von Faktoren, die Einfluss auf die Härte eines gekochten Eies haben könnten.

# Kontrollkarte 2



Versuchsanleitung:

Sie benötigen zwei weiße Eier aus der gleichen Haltung.

5min-Ei:

Geben Sie in einen Topf 250ml Wasser und bringen Sie dieses zum Kochen.

Legen Sie nun das weiße Ei in das Wasser und bestimmen Sie die Wassertemperatur.

Kochen Sie das Ei exakt 5min.

Holen Sie es dann aus dem Topf.

7min-Ei:

Geben Sie wieder 250ml Wasser in den gleichen Topf, stellen den Topf auf die gleiche Herdplatte wie beim 5min - Ei und bringen Sie das Wasser zu Kochen.

Hat das Wasser die gleiche Temperatur wie beim 5min – Ei erreicht, geben Sie das Ei hinzu und kochen es genau 7min.

Dann holen Sie das Ei aus dem Wasser.

Vergleichen Sie zu guter Letzt die Härte der gekochten Eier.

# Kontrollkarte 3

## **JA, die Eier müssen die gleiche Größe haben.**

### **Grund:**

Stellen Sie sich vor, Sie verwenden bei 5 Minuten Kochzeit ein Ei der Größe L und bei 7 Minuten Kochzeit ein Ei der Größe S.

Beobachten Sie nun, dass das 7min-Ei härter ist als das 5min-Ei, kann das an der Kochzeit, an der Eiergröße oder an beidem gelegen haben! Sie können also nicht mit Sicherheit sagen, ob die Kochzeit einen Einfluss gehabt hat.

Um eine eindeutige Aussage über den Einfluss einer Variablen auf eine andere machen zu können, darf man in einem Versuch jeweils nur die Variable ändern, deren Einfluss man untersuchen will. Alle anderen Variablen, die einen Einfluss haben könnten, müssen möglichst konstant gehalten werden.

Daher sollte man auch

- Eier aus gleicher Haltung und gleicher Farbe nehmen,
- den gleichen Topf nehmen,
- diese(n) mit der gleichen Wassermenge füllen,
- das Ei jeweils bei der gleichen Temperatur in das Wasser legen,
- die Eier auf der gleichen Herdplatte kochen,
- die Eier jeweils bei der gleichen Wassertemperatur kochen.

# Kontrollkarte 4

## Die Auflösung

Abhängige Variable: Strecke, um die der Klotz weggeschoben wird

Kontrollvariablen: Material der Kugel

Material des Klotzes

Neigung der Bahn

Anfangspunkt der Kugel

Größe der Kugel

Größe des Klotzes

Material der Bahn

Punkt, wo der Klotz liegt

} Diese Variablen wurden  
hier nicht näher  
untersucht!

Paulas Problem ist, dass sie die Kontrollvariablen nicht konstant gehalten hat. Im Folgenden finden Sie eine Auflistung, welche Kontrollvariablen Paula zusätzlich variiert hat.

<p>(1) Unabhängige Variable: Material des Klotzes c) Es wurde Material der Kugel geändert und er liegt nicht am Ende der Bahn. d) Es wurde die Neigung der Bahn und der Anfangspunkt der Kugel geändert.</p>	<p>(3) Unabhängige Variable: Anfangspunkt der Kugel c) Das Material der Kugel wurde geändert. d) Die Neigung der Bahn wurde nicht beibehalten</p>
<p>(2) Unabhängige Variable: Neigung der Bahn c) Zusätzliche wurde die Größe der Kugel geändert. d) Der Klotz liegt nicht am Ende der Bahn.</p>	<p>(4) Unabhängige Variable: Material der Kugel b) Es wurde der Anfangspunkt der Kugel geändert. c) Der Klotz liegt nicht am Ende der Bahn. d) Das Material des Klotzes wurde auch geändert.</p>

# Kontrollkarte 5

Die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit eines Gegenstandes könnte von folgenden Variablen abhängen:

- Fallhöhe
- der Größe des Kegels (des Gegenstandes)
- Masse des fallenden Gegenstandes
- der Ort, an dem der Gegenstand fallen gelassen wird
- Material, aus dem der Gegenstand ist
- ...

Wie bei dem Eier-Experiment gibt es zahlreiche Variablen, die Einfluss nehmen könnten. Sie sollen sich im weiteren Verlauf auf die ersten drei Variablen beschränken.

Wie lautet die abhängige Variable für diese Versuchsreihe?  
*Durchschnittliche Fallgeschwindigkeit eines Gegenstandes*

# Kontrollkarte 6



### Versuch (1):

Die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit eines Kegels hängt entscheidend von der Größe des Kegels ab. Es gilt: Je größer der Kegel, desto langsamer fällt er.

### Versuch (2):

**Mögliche Frage:** Beeinflusst die Masse des Kegels die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit?

**Antwort:** Ja, die Masse hat einen Einfluss auf die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit. Es gilt: Je größer die Masse des Kegels, desto kleiner ist die durchschnittliche Fallgeschwindigkeit.

### Versuch (3):

Im Gegensatz zum Vakuum wirkt beim freien Fall in Luft der Luftwiderstand (Reibung) der Gewichtskraft entgegen. Dieser Luftwiderstand nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit des Gegenstandes zu und ist irgendwann genauso groß wie die Gewichtskraft. Ist dies der Fall wirkt keine beschleunigende Kraft mehr auf den Körper und er fällt gleichförmig mit konstanter Geschwindigkeit.

Der freie Fall in Luft setzt sich also aus einer beschleunigten und einer gleichförmigen Bewegung zusammen.

Die Fallgeschwindigkeit hängt also solange von der Fallhöhe ab, wie der Gegenstand noch nicht die Maximalgeschwindigkeit erreicht hat. Ab diesem Moment fällt er mit konstanter Geschwindigkeit und die Fallhöhe hat keinen Einfluss mehr auf die Fallgeschwindigkeit.

Dieser Zusammenhang zeigt auch warum es so wichtig ist, dass ein möglichst großer Bereich an Fallhöhen betrachtet werden. Nur „kleine“ oder nur „große“ Fallhöhen hätten diesem Zusammenhang nicht gezeigt.

**Ein Kegel fällt also umso schneller, je schwerer er ist und je kleiner er ist.**

# Kontrollkarte 7

Abhängige Variable: Schwingungsdauer

(1) Die Schwingungsdauer ist unabhängig vom Maß der Auslenkung.

D.h. lenkt man zwei identische Federschwinger (gleiche Federkonstante, gleiche angehängte Masse) unterschiedlich stark aus, führen sie in einer Sekunde gleich viele Schwingungen aus.

(2) Zusammenhang:

Je größer die Federkonstante, desto kleiner die Schwingungsdauer.

# Kontrollkarte 8

a) Variablen, die ganz offensichtlich keinen Einfluss haben, werden von vorneherein vernachlässigt. Generell gilt jedoch: Ist man sich nicht sicher, ob die Variable einen Einfluss hat oder nicht, muss die Variable überprüft bzw. konstant gehalten werden.

b) Theoretisch werden alle unabhängigen Variablen, deren Einfluss nicht untersucht wird, zu Kontrollvariablen. Da diese Variablen offensichtlich keinen Einfluss haben, müssen sie auch nicht kontrolliert werden.

c) Variablen, die nachweislich keinen Einfluss haben, müssen in den weiteren Versuchen nicht mehr betrachtet werden. D.h. hat man herausgefunden, dass die Eierfarbe keinen Einfluss auf die Härte des Eies hat, muss man bei allen weiteren Versuchen nicht mehr beachten, ob man weiße oder braune Eier benutzt.

# Kontrollkarte 9

Welche Variablen müssen Sie bei einem Medikamententest berücksichtigen?

- Alter der Person
- Gewicht der Person
- Mögliche Vorerkrankungen
- Einnahme mit Wasser oder über eine Injektion
- Wasser- und Nahrungsaufnahme
- Auswirkungen auf den Körper (Blutdruck, Kreislauf,...)
- Wirkung mit anderen Medikamenten

Vermutlich sind Ihnen noch weitere Variablen eingefallen, die hier nicht aufgeführt wurden. Wie Sie sehen, gibt es eine ganze Menge von Variablen, die Einfluss auf die Wirksamkeit eines Medikaments nehmen können.

Die Kontrolle der Variablen ist äußerst wichtig, weil dadurch mögliche Nebenwirkungen und Gefahren durch die Einnahme des Medikaments erkannt werden können. Außerdem kann durch die Kontrolle herausgefunden werden unter welchen Bedingungen das Medikament seine beste Wirkung erreicht.

Um die Auswirkungen vergleichbar zu machen, gibt es immer eine sogenannte Kontrollgruppe, die unwissentlich ein Placebo-Präparat bekommt.

# HILFE 1



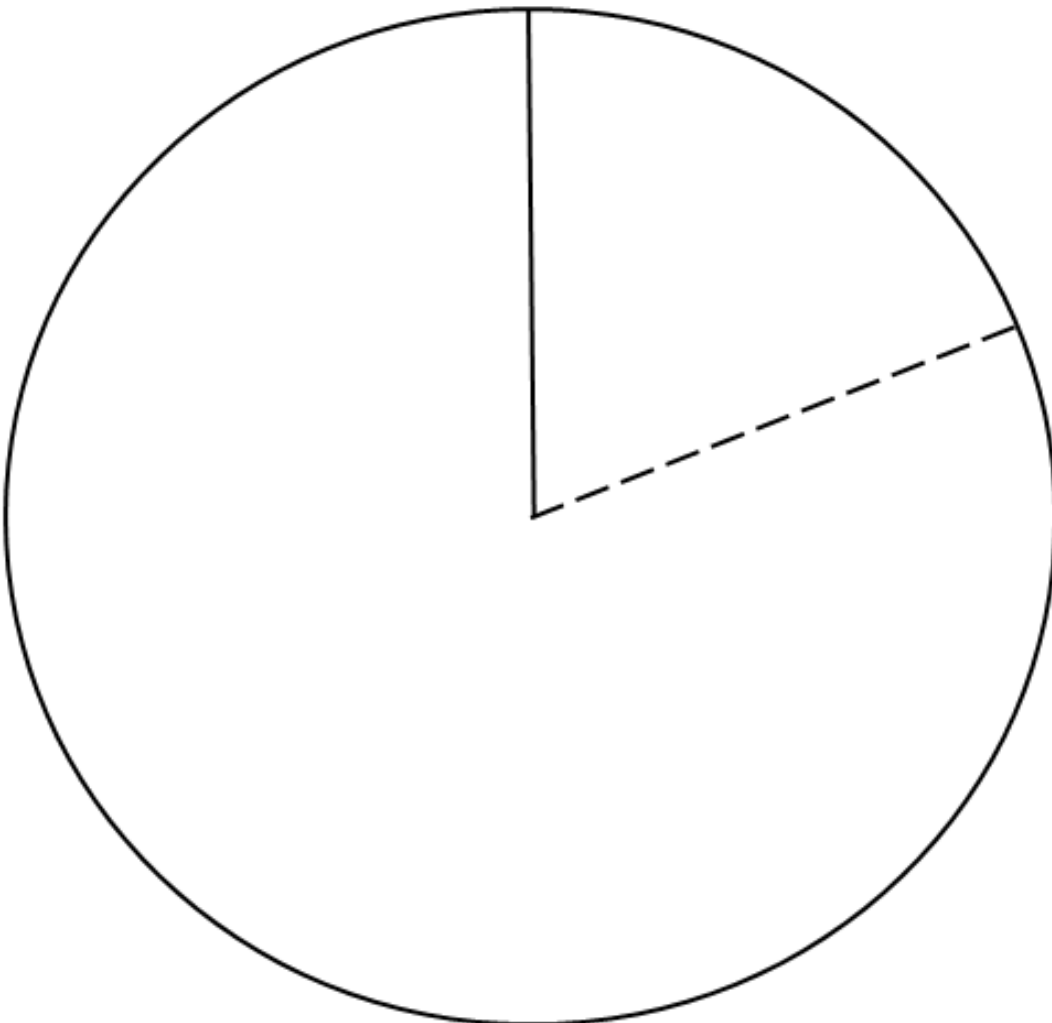
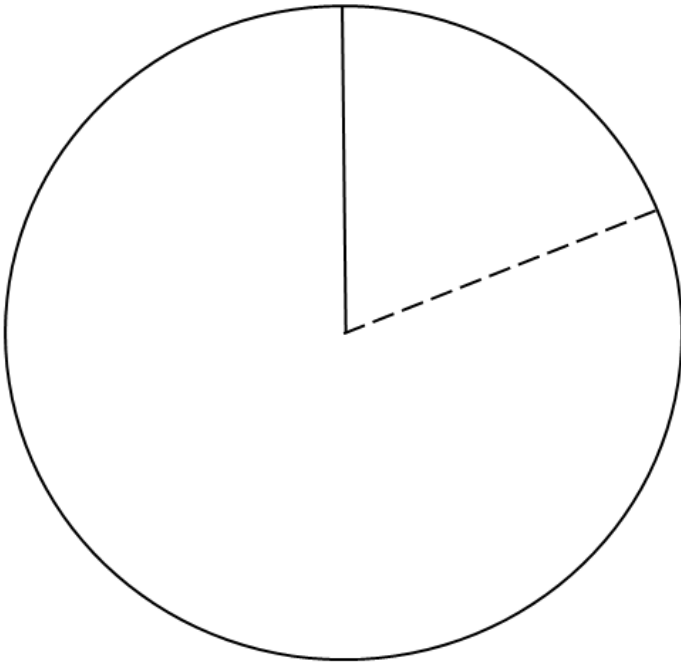
Füllen Sie die Tabelle wie Sie sie bei (1) finden erneut aus oder setzen Sie bereits experimentell bestimmte Werte für Masse  $m$  und Federkonstante  $D$  ein und berechnen sie die Schwingungsdauer. Dann können Sie den errechneten Wert mit dem experimentell bestimmten Wert vergleichen.

Denken Sie daran, dass Sie nicht auf mehrere Kommastellen genau messen, sodass es zu kleinen Abweichungen zwischen gemessener Schwingungsdauer und errechneter Schwingungsdauer kommen kann.

## **D. Anlage III - Kegelvorlagen**

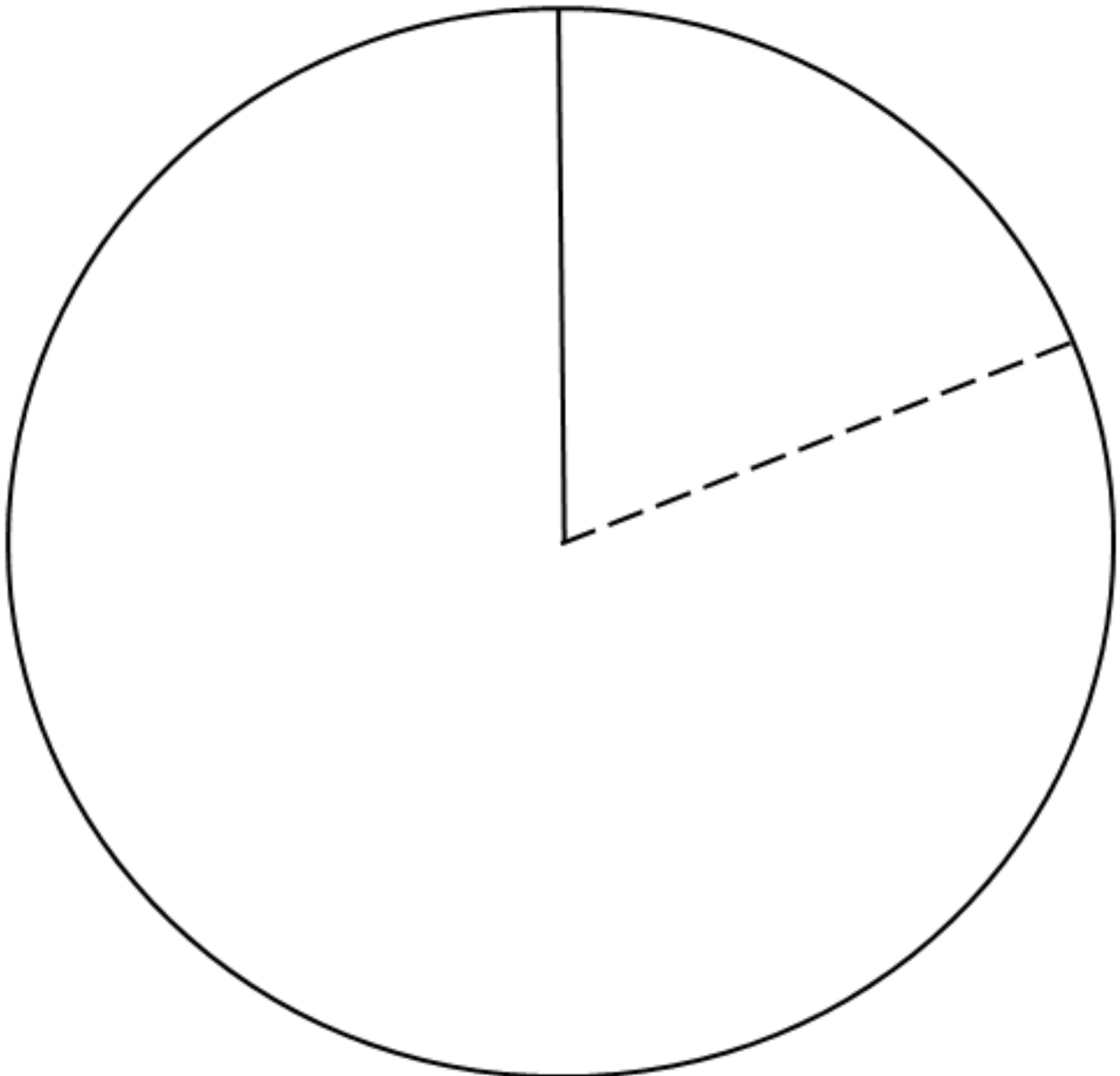
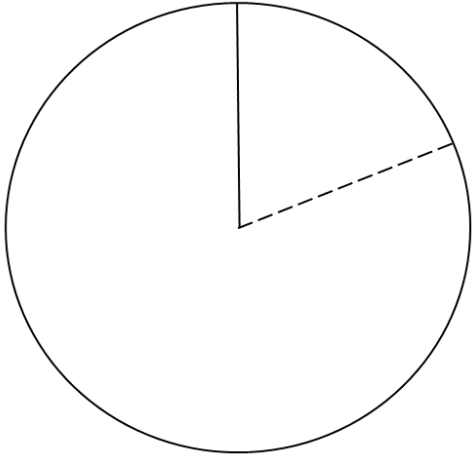
### Bastelanleitung:

- 1.) Schneiden Sie zuerst die Kreise aus.
- 2.) Schneiden Sie dann die durchgezogene Linie ein.
- 3.) Drehen Sie den Kegel so ein, dass die eingeschnittene Linie auf der gestrichelten Linie liegt.
- 4.) Kleben Sie nun den Kegel mit Tesafilm zusammen.



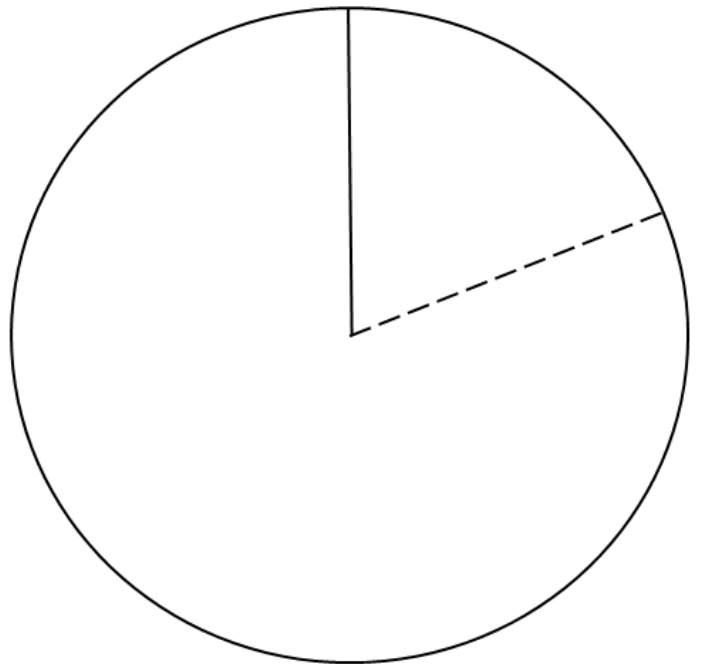
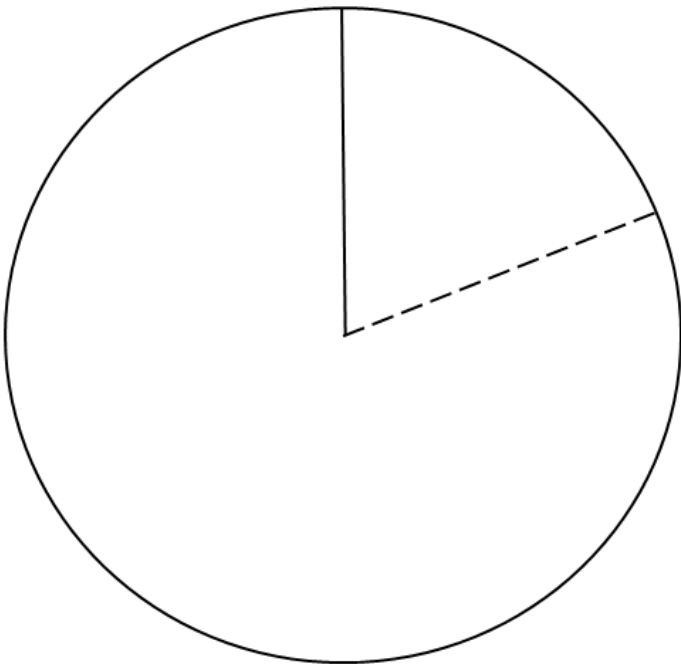
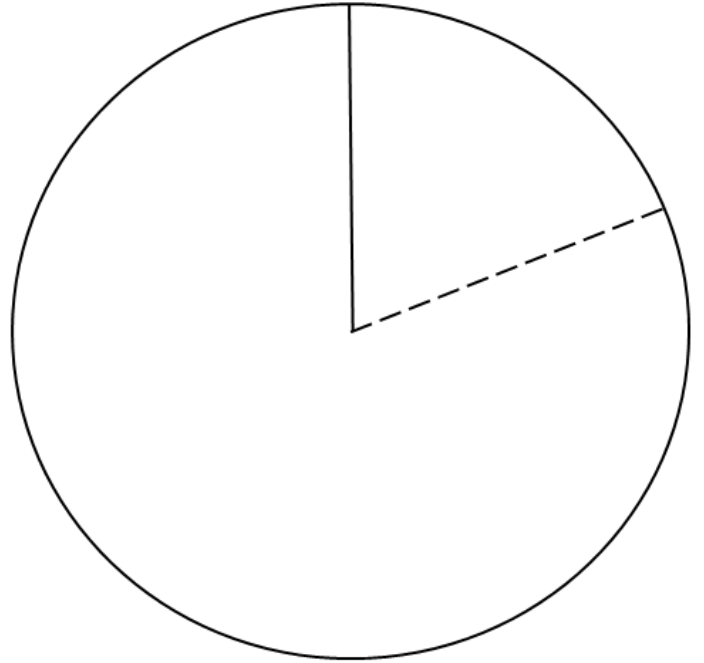
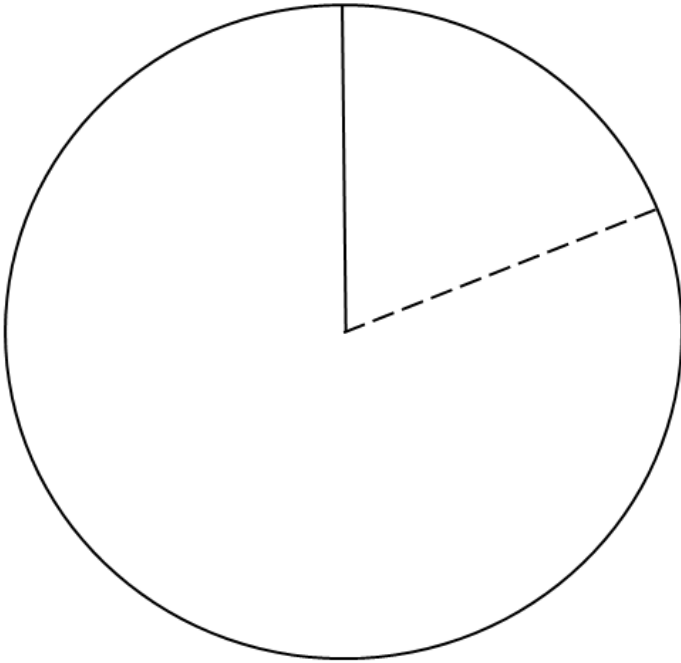
Bastelanleitung:

- 1.) Schneiden Sie zuerst die Kreise aus.
- 2.) Schneiden Sie dann die durchgezogene Linie ein.
- 3.) Drehen Sie den Kegel so ein, dass die eingeschnittene Linie auf der gestrichelten Linie liegt.
- 4.) Kleben Sie nun den Kegel mit Tesafilm zusammen.



Bastelanleitung:

- 1.) Schneiden Sie zuerst die Kreise aus.
- 2.) Schneiden Sie dann die durchgezogene Linie ein.
- 3.) Drehen Sie den Kegel so ein, dass die eingeschnittene Linie auf der gestrichelten Linie liegt.
- 4.) Kleben Sie nun den Kegel mit Tesafilm zusammen.



## **E. Eigenständigkeitserklärung**

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.

---

(Nadine Bachmann)