



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„NOS im Physikunterricht – Entwicklung von  
Unterrichtsmaterialien für Physik bezüglich der  
naturwissenschaftlichen Methode von ForscherInnen“

verfasst von

Veronika Maria Neuhauser

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 190 350 412

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Lehramt UF Italienisch UF Physik

Betreut von:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf



Inhaltsverzeichnis	
Inhaltsverzeichnis	3
Danksagung	5
Tabellenverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	6
1. Einleitung	7
2. Theoretisches Grundlagen	9
2.1. Natur der Naturwissenschaften	9
2.1.1. Konzepte	11
2.1.2. Forschen in der Naturwissenschaft	14
2.1.3. Verständnis Jugendlicher von der Natur der Naturwissenschaften	17
2.1.4. Mythen	24
3. Unterricht der Natur der Naturwissenschaften	28
3.1. Entwicklung der Unterrichtsmaterialien	36
3.2. Lehrplan	38
3.3. Bildungsstandards	39
4. Empirische Studie	43
4.1. Forschungshypothese	43
4.1.1. Mythos entkräften	44
4.1.2. Unterrichtsmaterial	44
4.1.2.1. Geschichte Nr. 1: Volta	45
4.1.2.2. Geschichte Nr. 2: Faraday	46
4.2. Empirische Befragung – die Akzeptanzbefragung	52
4.3. Ergebnisse	54
4.3.1. Darstellung der Ergebnisse zur Gesprächskultur und Reihung	55
4.3.2. Aussagen zur naturwissenschaftlichen Methode	56
4.3.3. Aussagen über die Verwendung der Mathematik	63
4.3.4. Aussagen bezüglich Anfang und Zufall im naturwissenschaftlichen	69
Forschen	
5. Diskussion	74
5.1. Diskussion zur Gesprächskultur	74
5.2. Diskussion zu den Aussagen über die naturwissenschaftliche Methode	75
5.3. Diskussion über die Aussagen zur Mathematik	78
5.4. Diskussion zu Aussagen über den Zufall	78
5.5. Diskussion über die Bedeutung der Historizität	78
5.6. Diskussion zur sprachlichen Komponente der Texte	79

5.7. Mögliche Unterrichtseinheit	80
6. Fazit	83
7. Literaturverzeichnis	84
8. Reinschriften der Interviews	91
Anhang A: Geschichte von Faraday	120
Anhang B: Geschichte von Volta	122
Abstract/ Kurzfassung	124
Lebenslauf	125

## Danksagung

Danke zu sagen ist oft eines der Dinge, die manchmal aus Selbstverständlichkeit heraus vergessen werden oder zu kurz kommen. Daher möchte ich gleich zu Beginn Danke sagen an alle, die mir beim Vervollständigen der Diplomarbeit und meines Studiums geholfen haben.

Dazu zählen selbstverständlich meine Eltern, die mich bis zum Schluss unterstützt und mir gezeigt haben, dass es auch wichtig ist, in schwierigen Zeiten durchzubeißen.

Dank gilt auch meiner Schwester Teresa, die mich inspiriert und mir Mut zugesprochen hat, wenn ich selbst wenig davon hatte.

Ein besonders Danke geht an meine Schwester Magdalena, ohne deren Rat und ohne ihrem Wissen viele meiner verschachtelten Sätze auch diese geblieben wären.

Außerdem bedanke ich mich auch bei den SchülerInnen und der Lehrerin der 4. Klasse des Gymnasiums Ödenburgerstraße und bei den SchülerInnen und dem Lehrer der 5. und 7.

Klassen des Bundes und Oberstufenrealgymnasiums Hegelgasse.

Und mein Dank richtet sich auch an alle meine Freunde, die mich während meiner Jahre der Prüfungen und während der letzten Monate des Erstellens meiner Diplomarbeit immer wieder aufgeheitert haben.

Zuletzt noch Danke an meinen Diplomarbeitsbetreuer, Prof. Dr. Martin Hopf, dass ich die Arbeit in zügigem Tempo abschließen konnte.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Farbschema der einzelnen Geschichtsabschnitte	48
Tabelle 2: Ergebnisse der Befragten	49

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick über fachdidaktische Aspekte der Natur der Naturwissenschaften	6
Abbildung 2: Dimensionen für die Fächer Biologie, Chemie und Physik	35

## 1. Einleitung

*„Lehrerin: Was ist Physik für dich? Stell dir vor, du sollst spontan deine Vorstellungen von naturwissenschaftlichem Forschen erzählen. Wie fängt ein/e ForscherIn überhaupt an zu arbeiten, und wie hört sie auf?“*

...

*Schülerin S8: darüber habe ich mir eigentlich noch nie Gedanken gemacht... “*  
*(Interview 4)*

Wenn ich mich an meine Schulzeit zurückerinnere, kann ich mit Sicherheit sagen, dass ich diese Aussage ebenfalls getätigt haben könnte. Für mich war Physik immer faszinierend, immer spannend und ich bin voller Freude in den Unterricht gegangen, weil mich die neuen Sachverhalte in der Physik faszinierten. Ich habe mir kaum Gedanken darüber gemacht, wie WissenschaftlerInnen in der modernen Welt arbeiten, wie sie forschen. Im Laufe meines Physikstudiums wurde mir immer mehr bewusst, dass kaum auf die Rolle der WissenschaftlerInnen und deren Forschen eingegangen wird. Die Frage nach der Art des Forschens habe ich mir während des Studiums dann immer öfter gestellt und sie hat mich darin motiviert, mich mit der Natur der Naturwissenschaften zu befassen. Die Natur, oder das Wesen, der Naturwissenschaften – im angelsächsischen Raum als „nature of science“ bekannt – besser zu verstehen war schon lange ein Wunsch von mir, noch bevor ich mit meinem Studium des Lehramts Physik und Italienisch begonnen hatte. Physik studieren wollte ich zum Großteil, damit ich mich mit der Welt, in der wir leben, mehr auseinandersetze. In der Schule wird einem kaum vermittelt, worum es beim wissenschaftlichen Forschen geht. Was ist die Welt und wie können wir sie beschreiben? Warum forschen wir, wie es schon viele Menschen lange vor unserer Zeit getan haben? Ist es denn überhaupt so wie damals? Aus dieser Motivation heraus will ich SchülerInnen auch ein breiteres Bild der Naturwissenschaften vermitteln. Physik kann spannend sein, kann die Welt verändern, und junge Köpfe sollen nicht den Mut davor verlieren, nur weil ihnen nicht klar ist, wie Forschung funktioniert. Was Naturwissenschaften sind kann man durch Werke wie die von William McComas, Norman G. Lederman, Fouad Abd-El-Khalick, Burkhard Priemer, Thomas Kuhn oder Dietmar Höttecke über die Natur der Naturwissenschaften besser verstehen. Für den Schulgebrauch existieren nur wenige Materialien, und auch diese konzentrieren sich mehr auf Biologie und Chemie als auf Physik. Da ich selbst gerne kreativ tätig bin und mir neue Herangehensweisen überlegen will habe ich Materialien für den

Physikunterricht entwickelt. Diese Materialien sollen SchülerInnen anspornen, sich mit der Art des naturwissenschaftlichen Forschens auseinanderzusetzen. Sie sollen sich neue Gedanken dazu bilden und sich mit ihren MitschülerInnen austauschen. Mit Hilfe von selbst entworfenen Geschichten überbrücken sie spielerisch eine Distanz zwischen Physik, wie es in der Schule gelehrt wird und ForscherInnen in der Vergangenheit und heute. Die Geschichten in Form von Tagebüchern, unterteilt in fünf Textabschnitte, geben einen fiktiven Einblick in den Forschungsprozess Alessandro Voltas und Michael Faradays. Da viele Jugendliche selbst Tagebuch führen, sollen die Geschichten zeigen, dass große Wissenschaftler auch nur Menschen waren und sich tagtäglich mit der Forschung befasst haben. Sie waren Menschen, die sich selbst ein Ziel gesetzt hatten und mit ihren Forschungen und genügend Hingabe dieses schlussendlich auch erreicht haben. Da es manchmal zu keinem gewünschten Ergebnis kommt müssen Versuche modifiziert und Berechnungen verfeinert werden. Sehr oft kommen ForscherInnen auch zu dem Punkt, an dem sie am Liebsten aufgeben würden. WissenschaftlerInnen entdecken nicht durch eine übernatürliche Eingebung beim ersten Versuch sofort die beste und neueste Technologie, sie wissen nicht von Anfang an alle positiven und negativen Nebeneffekte und haben auch nicht auf Anhieb den Durchblick, warum sich verschiedenste Phänomene ereignen. WissenschaftlerInnen sind genau so wie wir auch nur Menschen. Sie leben und forschen wie jede/r von uns es tun könnte. Sie schreiben vielleicht sogar ein Tagebuch, und wenn kein Tagebuch, dann zumindest einen Bericht über ihre Forschungen. Wann dabei welcher Schritt unternommen wurde, hängt von unterschiedlichsten Faktoren ab und kann von Forschungsgebiet zu Forschungsgebiet anders sein. Genau das ist auch Teil des naturwissenschaftlichen Forschens. Mit Hilfe der zwei von mir entwickelten Geschichten möchte ich den SchülerInnen Denkanstöße liefern, sich über naturwissenschaftliches Arbeiten eine Meinung zu bilden. Und im Rahmen eines darauf abgestimmten Unterrichts sich mit den KlassenkollegInnen darüber austauschen.



## 2. Theoretische Grundlagen

In den folgenden Kapiteln werden zum besseren Verständnis der entwickelten Unterrichtsmaterialien die theoretischen Grundlagen der Arbeit erklärt.

Der Bereich der naturwissenschaftlich philosophischen Betrachtungsweise der Naturwissenschaften ist sowohl im englischsprachigen Raum als auch im deutschsprachigen Raum mittlerweile gut vertreten. Die „nature of science“ als Grundlage einer „scientific literacy“ (Abd-el-Khalick et al, 1997:417) wird von vielen WissenschaftlerInnen als wichtige Voraussetzung gesehen, sich als funktionierendes Mitglied der Gesellschaft mit Fragen der Natur, Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft auseinandersetzen zu können (vgl. Bolte, 2003:46).

Dabei ist die Naturwissenschaft durch sehr viele Merkmale gekennzeichnet, an denen sich ForscherInnen orientieren können und trotzdem ist es kein starres Gerüst, das nur einen einzigen Weg des naturwissenschaftlichen Arbeitens vorgibt. Um ein besseres Verständnis vom Wesen, von der Natur der Naturwissenschaften, zu erhalten, müssen zunächst einzelne Komponenten geklärt werden .

### 2.1. Natur der Naturwissenschaften

Es gibt kein einheitliches Konzept der Natur der Naturwissenschaften, das durch bestimmte Merkmale beschrieben werden könnte. Die 'NOS' (nature of science, = NdN) besitzt keine eindeutige Definition, da viele Wissenschaftler unterschiedliche Einteilungen vornehmen, um sie zu beschreiben (vgl. Strahl, 2014:5). Dennoch überschneiden sich die Theorien verschiedener WissenschaftlerInnen in bestimmten Punkten.

Es gibt einen relativ breiten Meinungskonsens darüber, was Teil des Wesens der Naturwissenschaften ist. In den meisten Werken, unter anderem von Alexander Strahl, wird als philosophische Grundlage der NdN eine Gliederung in Wissenschaftstheorie, Erkenntnistheorie und Wissenschaftsethik vorgenommen (vgl. Strahl, 2014:5; Kircher, 2007:711). Die Natur der Naturwissenschaften ist also sowohl die Betrachtung der Naturwissenschaften und der Methodologie, als auch ein Auseinandersetzen mit der Beschaffenheit der Welt (Ontologie) und den Charakteristika von Wissen und Wissensaneignung (Epistemologie).

Weiters meint Strahl, dass je nach persönlicher Gewichtung die einzelnen Bereiche der Naturwissenschaften stärker oder schwächer zum Tragen kommen. Manchmal liege der Fokus auf einer technokratischen Weltansicht, dann wiederum auch auf der ökologischen Sichtweise. Es gibt laut Strahl keine eindeutige Wahrheit der Natur der

Naturwissenschaften. Man könne nur versuchen, sie in Kategorien einzuteilen, um in der Wissenschaft besser zusammenarbeiten zu können. Es ist deswegen so schwer, die Natur der Naturwissenschaften einzuteilen, weil sie sich „nicht ausschließlich auf formal-logisches Operieren reduzieren“ (Höttecke, 2001:27) lässt.

Auch Ernst Kircher beschreibt die Natur der Naturwissenschaften als eine Zusammensetzung der drei Faktoren.

Mit der Wissenschaftstheorie werden die Naturwissenschaften, die „begrifflichen und methodischen Strukturen der Physik, Biologie und Chemie“ (Kircher, 2007: 711), analysiert. Der Unterschied zwischen Wissenschaftstheorie (Methodologie) und Erkenntnistheorie (Empirismus, Realismus, Rationalismus, Idealismus) schwimmt dadurch etwas, da sich WissenschaftlerInnen sehr wohl mit der Beziehung zwischen Wirklichkeit und der beschreibenden Naturwissenschaften befassen. Als Beispiel wird die Beziehung zwischen aufgestellter Theorie und verwendetem Modell in Physik genannt.

Im nächsten Kapitel meiner Arbeit werden noch einige Charakteristika erläutert, die von ENSI (Evolution and the Nature of Science Institutes) als Schlüsselkonzepte der NdN angesehen werden. Die Konzepte auf dieser Seite stammen von Lehrkräften, die gemeinsam versuchen, Unterrichtsmaterial im Rahmen der NdN zu entwickeln. Die von ihnen publizierten Paper erscheinen im 'Evolution: Education an Outreach'- Journal, ein Peer-reviewed open access journal vom Verlag SpringerOpen.

Der Gedanke der Überprüfbarkeit oder Widerlegbarkeit von naturwissenschaftlich erforschem Wissen wird extra hervorgehoben. Dieses Wissen ist nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit wahr und somit auch nicht für alle Zeit notwendigerweise gültig.

Außerdem wird von ENSI auf den einführenden Seiten ihrer Homepage darauf hingewiesen, wie wichtig ein kontinuierliches Auseinandersetzen mit NdN für ein besseres Verständnis derselben ist. Wie die Natur der Naturwissenschaften unterteilt werden kann wird im folgenden Kapitel genauer dargestellt.

### 2.1.1. Konzepte

Eine häufig zitierte Einteilung der Natur der Naturwissenschaften liefert McComas in seinem Werk 'The Nature of Science in Science Education', in dem er nicht nur über eine Einteilung sondern auch die Anwendung von NdN berichtet.

Die Grundidee der NdN beinhaltet nach McComas, zusammengefasst aus acht internationalen Dokumenten zu Naturwissenschaftlichen Standards, (vgl. McComas, 1998:6) folgende Aspekte (aus dem Englischen übersetzt):

- Obwohl Wissen aus Naturwissenschaft dauerhaft gültig sein kann, hat es auch veränderlichen Charakter
- Naturwissenschaften beziehen sich sehr stark, aber nicht nur, auf experimentell beobachtete Daten, Argumente und kritisches Hinterfragen
- Es gibt keine universelle wissenschaftliche Methode, also auch keine „Schritt-für-Schritt“ Methode.
- In der Naturwissenschaft werden Naturphänomene beschrieben
- Gesetze und Theorien beinhalten nicht das Selbe.
- Menschen aus allen möglichen Kulturen leisten einen Beitrag für Naturwissenschaften.
- Neue Erkenntnisse sollen klar und offen zugänglich veröffentlicht werden
- WissenschaftlerInnen benötigen genaue Berichterstattung, Möglichkeit der Wiederholung und die Überprüfung durch Kollegen
- Beobachtungen sind bereits sehr theoriegeladen
- WissenschaftlerInnen sind kreativ
- Wissenschaft beinhaltet sowohl einen evolutionären als auch einen revolutionären Charakter
- Wissenschaft ist Teil von sozialen und kulturellen Traditionen
- Wissenschaft und Technologie haben gegenseitig Auswirkungen aufeinander
- Wissenschaftliche Ideen werden durch ihr soziales und geschichtliches Umfeld beeinflusst.

Nicht nur McComas hat sich versucht, ein Gesamtbild zu verschaffen. Zum Beispiel wird die Natur der Naturwissenschaften von Priemer (näher beschrieben in: Priemer, 2006:160-161) in folgende vier Grundideen eingeteilt:

- A) Praxis der naturwissenschaftlichen Forschung
- B) Forschungsergebnisse und Formulierungen
- C) Einteilung der Komponenten von Wissensentwicklung
- D) Persönlicher Zugang zu Wissenschaftlichkeit

In Abbildung 1, eine Grafik von Ernst Kircher, wird NdN durch die drei bereits erwähnten Aspekte gegliedert.

Über die Natur der Naturwissenschaften lehren und lernen		
Erkenntnistheorie	Wissenschaftstheorie	Ethik
Realismus	Methodologie der Physik	Wissenschaftsethik
Pragmatismus/ Instrumentalismus	Modell, Theorie, Experiment	Technikethik/Bioethik
Was ist die Wahrheit der Physik?	Was sind Naturwissenschaften?	Wie viel Technik braucht der Mensch?
Naturwissenschaften und Realität	Begrifflichkeit und methodische Struktur der Naturwissenschaften	Erhaltung des Biotops Erde
Abb.1.: Überblick über fachdidaktisches Aspekte der N.d.N. (Kircher, 2007: 718)		

Die ersten beiden Teilbereiche befassen sich mit Erkenntnistheorie und Wissenschaftstheorie, wie bereits erwähnt in Kapitel 2.1.

Der zentrale Punkt des dritten Teils ist Wissenschaftsethik, und die damit verknüpften Teilaspekte: Bioethik, die Erhaltung des Biotops Erde und die Frage danach, wie viel Technik der Mensch braucht (vgl. Kircher, 2007:718).

Wie bereits erwähnt listet ENSI ebenfalls eine Sammlung von Schlüsselkonzepten der Natur der Naturwissenschaften auf. Hierbei handelt es sich um 12 Aussagen, die das Wesen der Naturwissenschaften genauer beschreiben, wobei von den bereits erwähnten nur folgende zusätzlich erwähnt werden:

- Es existiert ein Unterschied zwischen guter Naturwissenschaft und Pseudowissenschaften; diesen soll man auch erkennen können
- Kritisches Überprüfen einer Theorie heißt, sie zu widerlegen versuchen, und nicht, beweisen zu wollen
- Dieses Überprüfen wiederum sollte so fair wie möglich sein
- Je mehr Nachweise (zum Beispiel unterschiedliche Experimente mit gleichem Ergebnis) es gibt, desto stärker ist naturwissenschaftliches Wissen
- Manche wissenschaftlichen Erklärungen sind besser als andere, da sie die Beobachtungen besser beschreiben
- Naturwissenschaftliches Wissen kann mit Vorurteilen behaftet sein, da alle Menschen bestimmte Vorannahmen besitzen und dadurch das von ihnen generierte Wissen prägen

- Zusammenarbeit führt zu mehr verlässlichem Wissen; das beinhaltet das Teilen von Daten, Interpretationen und Ergebnissen
- Wenn es genügend Beweismaterial gibt sind wissenschaftliche Erkenntnisse immer offen für Veränderung; da sich einige Theorien schon sehr lange gut bewährt haben und durch ständiges Überprüfen nicht widerlegen lassen konnten, ist wissenschaftliches Wissen bis zu einem gewissen Grad auch dauerhaft
- Ahnungslosigkeit ist eine treibende Kraft für Wissenschaft

ENSI fordert dazu auf, sich an diesen Schlüsselkonzepte zu orientieren, wenn man die Natur der Naturwissenschaften lehren möchte. Auf der Homepage gibt es sehr viele Materialien dazu, NdN im Unterricht umzusetzen, wobei der Fokus auf den Fächern Biologie und Chemie liegt.

Wenn man nun die einzelnen Konzepte vergleicht, sind sowohl Übereinstimmungen als auch leichte Unterschiede erkennbar.

Die Tatsache, dass es keine allgemein gültige Definition der Natur der Naturwissenschaften gibt, bettet sich hervorragend in die Idee der epistemologischen Überzeugungen der Wissenschaft und der wissenschaftstheoretischen Ansätze seit den Anfängen des 20. Jahrhunderts. Als einer der Vertreter liefert Thomas Kuhn in seinem Werk „Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“ einen umfassenden Überblick über wissenschaftliche Forschung und Entwicklung und postuliert sie als ein sich ständig mit Wechselwirkungen behaftetes Gebilde, das nie komplett starr sein kann. Nur durch die Veränderlichkeit naturwissenschaftlichen Wissens können wir einen Fortschritt erwirken. Als eindrucksvolles Beispiel erwähnt er die Entwicklung unserer Weltansicht und der vorherrschenden Meinung zu Zeiten Galileo Galileis (vgl. Kuhn, 1962). Es ist nicht eindeutig festgelegt oder festlegbar, „was die Naturwissenschaften sind, wie sie arbeitet, welche Einflüsse eine Rolle spielen und welche Parameter ihre Dynamik und Entwicklung beschreibbar machen [...]. Der Begriff 'Natur der Naturwissenschaften' ist also eher geeignet eine Richtung des Fragens zu eröffnen, die den fachsystematischen Rahmen verläßt [sic.] und eine Metaebene des Lernens und Verstehens bezeichnet“ (Höttecke, 2001:19).

Kremer et al. beschreiben die Kerndimensionen der Natur der Naturwissenschaften als Sicherheit, Entwicklung, Einfachheit, Rechtfertigung und Herkunft des naturwissenschaftlichen Wissens, mit der Überkategorie „Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen“. Im Bereich „Vorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden“ werden drei Unterkategorien genannt, und zwar der „Zweck der

Naturwissenschaften“, die „Unterscheidung von Theorie und Gesetz“ und die „Rolle der Kreativität des Naturwissenschaftlers“.

In der dritten Dimension, „Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabung“, werden die „sozialen und kulturellen Einflüsse auf die Naturwissenschaften“ genannt (Kremer et al.,2008 :57/58).

In all diesen unterschiedlichen Aufzählungen wird wissenschaftliches Forschen als veränderlich erwähnt. Es gibt nicht die eine Methode, mit der WissenschaftlerInnen forschen.

### 2.1.2. Forschen in der Naturwissenschaft

Durch die im Zuge dieser Arbeit entwickelten Unterrichtsmaterialien, wie eben erwähnt, wird wissenschaftliches Arbeiten in den Naturwissenschaften den SchülerInnen näher gebracht. Über das Forschen in den Naturwissenschaften existieren bereits viele unterschiedliche Vorstellungen. Trotzdem ist die Meinung, dass es eine einzig wahre naturwissenschaftliche Methode gibt, unter SchülerInnen verbreitet. Im Gegenzug geht man in der Wissenschaftsgemeinschaft immer mehr davon aus, dass es eben diese eine Methode nicht gibt (vgl. McComas, 1998:57). „Es wird aber gegenwärtig immer mehr die Position vertreten, von einer einheitlichen Methode der Wissenschaften könne gar keine Rede sein. Vielmehr handele es sich bei der Frage nach der Methodologie der Naturwissenschaften um eine akademische Spielerei der Wissenschaftstheorie, die mit der Praxis nichts oder zumindest nicht unvermittelt zu tun hat“ (Höttecke, 2001:21/22). Vollmer G. Behandelt in seinem Artikel „Die naturwissenschaftliche Methode – gibt es die?“ genau diese Thematik (vgl. Vollmer, 2014: 11). Ihm zufolge wird oft behauptet, dass die naturwissenschaftliche Methode aus sechs Schritten bestehe, und zwar:

- Beobachten und Aufzeichnen sämtlicher Tatsachen
  - Ordnen und Klassifizieren der Tatsachen
  - induktives Gewinnen von Verallgemeinerungen bis hin zum Naturgesetz
  - deduktives Ableiten von empirisch prüfaren Folgerungen
  - Überprüfen dieser Folgerungen in der Erfahrung
  - je nach Ergebnis: Akzeptieren oder Verwerfen der gewonnenen Verallgemeinerungen
- (vgl. Vollmer, 2014: 11)

Diese Schritte, meint er, wurden in der Vergangenheit oft hervorgehoben. ForscherInnen seien stolz darauf gewesen und hätten es mit Nachdruck erwähnt, dass sie sich eben an diese eine naturwissenschaftliche Herangehensweise halten würden. Diese eine Methode gibt es

allerdings nicht. Alleine der Schritt, sämtliche Tatsachen zu einem Problem aufzuzeichnen sei nicht möglich. Es wird immer bestimmte Aspekte geben, die einer/m WissenschaftlerIn entgehen (vgl. Vollmer, 2014: 11).

Als mögliche Abfolge beim wissenschaftlichen Arbeiten erwähnt er 5 Schritte nach Karl Popper, die das Vorgehen etwas allgemeiner und flexibler darstellen:

- Problem
- Problemlösung
- deduktive Folgerung aus Hypothese
- Überprüfen der Folgerungen durch z.B. Experimente
- Bestätigen oder Widerlegen der Problemlösung

(vgl. Vollmer, 2014:11)

Vollmer erörtert in seinem Artikel, dass es nicht 'die' Methode gibt. Es mache aber durchaus Sinn, sich an gewisse Schemata zu halten. Trotzdem sei sie an sich „weder eindeutig noch unfehlbar und deshalb auch nicht unantastbar. Sie hat sich jedoch in den letzten vier Jahrhunderten, in denen sie entwickelt und verfeinert wurde, hervorragend bewährt“ (Vollmer, 2014: 16) und daher würden sich noch viele Konzepte daran orientieren. Auch Höttecke geht auf den Begriff der physikalischen Forschungsmethode ein :“[sie orientiert sich] häufig, wenn auch nicht bei allen Autoren [zur Natur der Naturwissenschaften daran], daß [sic.] Wissensbestände aus einer induktiven Semantik abgeleitet werden“ (Höttecke, 2001:20).

Als wichtigen Schritt erwähnt Vollmer die Beseitigung von Fehlern und den Fallibilismus, um eine Theorie zu widerlegen oder sie durch nicht mögliches Widerlegen zu stärken (vgl. Vollmer, 2014:12). Je mehr Fehler entkräftet werden könnten desto näher kämen ForscherInnen der Wahrheit, obwohl es nie zum völligen Beweis von naturwissenschaftlichem Wissen kommen kann (vgl. Vollmer, 2014:12). Die Wirklichkeit zu entdecken würde nämlich bedeuten, dass wir Paradigmenwechsel nicht zulassen könnten. Da sich aber in der Vergangenheit oft genug herausgestellt hat, dass genau diese Wechsel von großer Wichtigkeit waren, kann man eine absolute Gültigkeit einer naturwissenschaftlichen Theorie nicht bestätigen (vgl. Kuhn, 1962).

Trotz ihrer Unvollständigkeit verlässt sich die wissenschaftliche Gemeinschaft auf bestimmte Theorien, Gesetze und Ergebnisse von Experimenten. Durch für alle gültige Kriterien werden Theorien anerkannt:

- eine Theorie muss zirkelfrei sein, zum Beispiel im Zuge von Argumentationszirkeln

- innere Widerspruchsfreiheit muss gegeben sein, genau so wie
- eine äußere Widerspruchsfreiheit; es darf kein Widerspruch zu bereits anerkannten Theorien existieren, wobei schwierig sein kann, die fehlerhafte Theorie zu erkennen
- die Theorie soll Sachverhalte nicht nur beschreiben, sondern erklären
- eine Theorie soll prüfbar sein, die Beobachtungen denkbar und die Theorie kann bestätigt werden oder ist widerlegbar
- die Falsifizierbarkeit der Theorie ist wichtiger Bestandteil der Theoriestärkung
- eine Theorie muss einer empirischen Prüfung standhalten können, also einen gewissen Testerfolg aufweisen können

(vgl. Vollmer, 2014: 13/14)

Außerdem nennt Vollmer neben den grundlegenden Kriterien auch fakultative Kriterien, die allerdings keine Voraussetzung sind, um einer Theorie Glaube schenken zu können. Wünschenswert wären zum Beispiel Einfachheit, Prognosefähigkeit oder Vollständigkeit (vgl. Vollmer, 2014:14). Alle diese Kriterien sollten beim naturwissenschaftlichen Arbeiten enthalten sein. Vollmer stellt die Frage, ob bei Einhaltung all dieser Kriterien die naturwissenschaftliche Methode vielleicht doch eindeutig sei. Dadurch würde seine ursprüngliche Annahme, es gibt nicht die naturwissenschaftliche Methode, zumindest zum Teil widerlegt. Er antwortet darauf mit Karl Popper als Befürworter für die eine wissenschaftliche Methode, und Paul Feyerabend, der nur eine nicht einheitliche Methode als realistisch erachtet. Ein Grundgerüst im wissenschaftlichen Arbeiten sei laut seinem Artikel beim Forschen unabdingbar (vgl. Vollmer, 2014:14).

Wie vorgegangen und geforscht wird ist nicht durch genau ein Schema bereits vorgegeben. Ein Forscher wählt die Arbeitsweise je nach Bedarf und verändert diese den Gegebenheiten entsprechend. In der theoretischen Physik wird viel mit Computern gearbeitet, in der experimentellen Physik muss man sich auf Geräte verlassen und damit arbeiten. Bei all diesen Arbeiten kann auf mehrere unterschiedliche Methoden zurückgegriffen werden. Sowohl die mathematische Herangehensweise, da sehr universal, das Experiment, um Vorgänge in der Natur unter geregelten Umständen zu beobachten, als auch das Verändern von Theorie durch Erfahrung und Beobachtungen sind valide Methoden, um naturwissenschaftlich zu Arbeiten (vgl. Vollmer, 2014:15). "Jede [Arbeitsweise] kann einer kritischen Beurteilung unterworfen werden" (Vollmer, 2014:15), um passend forschen zu können. Dabei hebt Vollmer hervor, dass es sich nicht um Willkür handelt sondern ein langwieriger Prozess ist, um die richtigen Arbeitsschritte beim Forschen zu generieren (vgl.



Vollmer, 2014:15).

Diese Aussagen werden durch Duit, Mikelskis, Klopfer und Häußler ebenfalls getätigt (vgl. Piko-Brief 6, Duit/Mikelskis, 2010:1). Die Methoden werden je nach Bedarf angepasst und haben keinen absoluten Charakter, sondern sind veränderlich. Im Brief wird direkt anschließend erwähnt, dass „[...] Theorie und Experiment eng miteinander verzahnt [sind] [...]. Experiment und Modellieren theoretischer Vorstellungen sind untrennbar verbunden“ (Piko-Brief 6, Duit/Mikelskis-Seifert, 2010:1). Oft stärkt ein verzerrtes Bild der SchülerInnen auch die Vorstellung darüber, wie und wo WissenschaftlerInnen arbeiten. Durch die Fehlvorstellung, dass WissenschaftlerInnen immer in einem Labor arbeiten, in dem sie ihre Erfindungen basteln und wo auch oft etwas explodiert, wird automatisch ausgeschlossen, dass ein/e WissenschaftlerIn auch anders arbeiten kann. „Die Beschränkung der Vorstellung vom Arbeitsplatz der WissenschaftlerIn auf das Labor schließt etliche Arbeitsformen und -umgebungen aus. Die im Freiland arbeitenden WissenschaftlerInnen fallen aus diesem Bild genauso heraus wie theoretische PhysikerInnen, die heute sehr häufig mit Computern arbeiten“ (Höttecke, 2001:50). Nicht nur der Ort, an dem wissenschaftlich gearbeitet wird, sondern auch der Inhalt des wissenschaftlichen Forschens wird oft nur zum Teil erkannt. Wissenschaftliches Arbeiten bedeutet nicht nur im Labor zu experimentieren und dann die dort gewonnenen Daten auszuwerten. Typische Tätigkeiten von WissenschaftlerInnen sind auch „Veröffentlichungen zu verfassen, an Sitzungen teilzunehmen, wissenschaftlichen Nachwuchs zu betreuen und zu beraten, sich um Ressourcen zu kümmern, sich selbst, die eigene Forschung und die Institution auf Tagungen und anderswo zu vertreten und Verwaltungsaufgaben allgemeiner Art zu übernehmen“ (Höttecke, 2001:50).

Im Artikel „Zum Begriff der physikalischen Theorie“ von T.Franz in derselben Ausgabe von „Praxis der Naturwissenschaften -Physik in der Schule“ wird näher auf den Zusammenhang von Theorien und Methoden eingegangen.

Die Theorie ist das Ergebnis einer Untersuchung, die mit bestimmten Schritten unternommen wurde (vgl. Franz, 2014:17). Theorien zu bestätigen ist wichtig, um eine gewisse generelle Gültigkeit in der wissenschaftlichen Gemeinschaft zu sichern. Diese können durch wohl definierte Arbeitsweisen überprüft werden, und im nächsten Schritt bestätigt oder widerlegt werden (vgl. Franz, 2014:17). Um Theorien zu überprüfen werden Methoden oft umgeformt, um bestehende Inkonsistenzen zu eliminieren. Als zu verändernde Theorie erwähnt Franz die Äthertheorie, die durch Experimente zuerst widerlegt wurde, wodurch Wissenschaftler neue Methoden suchten und die alten veränderten (vgl. Franz, 2014:19).

„Wenn man eine solche Theorie dann hat, kann man zum einen untersuchen, welche Hypothesen aus der Anwendung der mathematischen Theorie gewonnen werden können und ob man diese Vorhersagen durch Experiment oder Beobachtung im Wirklichkeitsbereich bestätigen kann“ (Franz, 2014:21). Das heißt wissenschaftliches Arbeiten ist ein ständiges Wechselspiel der unterschiedlichen Herangehensweisen, um die für den Spezialfall passende Methode zu finden. Dabei werden ständig Änderungen der Vorgehensweisen vorgenommen. Für SchülerInnen, die sich selbst meistens noch nicht wissenschaftlich betätigt haben, ist es nicht von Anfang an klar, dass es die eine Methode nicht gibt. Duit und Mikelskis-Seifert erwähnen darüber hinaus in ihrem Brief einen bestimmten Kreislauf von wissenschaftlichem Arbeiten. Dieser Vorgang gliedert sich in drei Teilbereiche (Empirische Befunde interpretieren, Hypothesen generieren, Experimente planen und durchführen), (vgl. Piko-Brief 6, Duit/Mikelskis-Seifert, 2010:2). Sie weisen explizit darauf hin, dass nicht immer jeder der Schritte genau einmal durchlaufen wird und auch nicht dezidiert immer in der selben Reihenfolge. Zum Beispiel kann es vorkommen, dass es mehrere Hypothesen zu einem Sachverhalt gibt, oder auch unterschiedliche Ausgänge durch mehrere Experimente verschiedene theoretische Ergebnisse liefern können (vgl. Piko-Brief 6, Duit/Mikelskis-Seifert, 2010:2). Die Aufgabe besteht darin, diese Alternativhypothesen voneinander getrennt zu betrachten und gegebenenfalls zu entkräften, wobei auch dieser Gedanke bereits von Vollmer mit dem Argument des Fallibilismus weiter oben erwähnt wurde.

Auch die Mitglieder von ENSI vertreten die Meinung, dass es nicht die eine wissenschaftliche Methode gibt. Als Argument wird angeführt, dass ein bestehendes Problem nicht immer durch nur einen vorformulierten Lösungsweg überprüft werden kann. Welche Möglichkeit es gibt, diesen Gedanken im Unterricht umzusetzen, wird in Kapitel 3 erörtert.

Durch ein Projektpraktikum im Jahr 2013 konnte ich einen Einblick in die Arbeitsweise von NaturwissenschaftlerInnen erhalten. Mit Filmkamera und Interviews wurde ein grobes Bild erstellt, wie bestimmte Einzelpersonen forschen. Zu zweit durften wir einer/m ForscherIn einige Stunden lang folgen, die Arbeitsweise kennen lernen und Einblicke in wissenschaftliches Arbeiten erhalten. Es hat sich herausgestellt, dass es einen Unterschied zwischen naturwissenschaftlichem Forschen in einer Forschungseinrichtung, sei es an der Universität oder bei privaten Firmen, und dem Unterricht der Naturwissenschaften in Schulen gibt. Dieser Unterschied zeigt sich vor allem darin, dass ForscherInnen ihren gesamten Alltag nach ihrer Forschung ausrichten. In der Schule wird nur für ein paar Stunden pro Woche Physik unterrichtet, und selbst dann werden meistens Sachverhalte präsentiert, aber von den SchülerInnen wird nicht selbst geforscht. Berichterstattung, Besprechung in der

Forschungsgruppe und neue Erkenntnisse präsentieren fallen im Physikunterricht oft weg. Es wird schon experimentiert, jedoch meistens in Bereichen der Wissenschaft, die bereits erforscht sind. Trotzdem wird der experimentelle Vorgang im Physikunterricht oft als tatsächlich wissenschaftliches Arbeiten verkauft: „Wenn innerhalb des didaktischen Normalverfahrens experimentiert werden soll, dann wird diese Schlußweise als Methode der Wissenschaft propagiert“ (Höttecke, 2001:20). Es ist daher nicht verwunderlich, dass Fehlvorstellungen zum wissenschaftlichen Arbeiten weit verbreitet sind. „Schulisches und außerschulisches Lernen haben offensichtlich zu kognitiven Strukturen bei Schülern und Erwachsenen geführt, die sich beträchtlich von der Struktur der naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen, aber auch von den in der Schule vermittelten Sachstrukturen unterscheiden“ (Vollmer, 2014:12) Daher ist es zusätzlich wichtig, diesen Faktor explizit im Unterricht zu behandeln. Es gibt nicht nur eine Möglichkeit, um auf naturwissenschaftliches Wissen zu kommen, und nicht nur eine Vorgehensweise, um Theorien aufstellen zu können. Entgegen der landläufigen Meinung werden zum Beispiel Hypothesen auch durch Erfinden und Spekulieren formuliert, wobei es zunächst keine Grenzen oder Verbote für Versuche gibt (vgl. Vollmer, 2014:12). Wissenschaft sollte nicht als Abfolge von bestimmten Arbeitsschritten, sondern als prozessartige menschliche Handlung verstanden werden, das sich von Mensch zu Mensch unterschieden kann. Zum wissenschaftlichen Wissenserwerb zählt auch das Experiment. „Das Experiment läßt sich [...] nicht auf einen wissenschaftstheoretischen Begriff reduzieren. Seine Bedeutung in der Wissensproduktion kann man nur verstehen, wenn man es als gelebte Praxis betrachtet“ (Höttecke, 2001:58).

### 2.1.3. Verständnis Jugendlicher von der Natur der Naturwissenschaften

Im Kapitel „Modellbegriff und Modellbildung“ im Werk „Physikdidaktik – Theorie und Praxis“ von Kircher, Girwizd und Häußler, erwähnen diese, dass die Gesellschaft ein starres Verständnis von naturwissenschaftlichem Forschen besitzt (vgl. Kircher et al, 2009:113). Dies könnte daher rühren, dass im Schulunterricht nur sehr selten der Charakter des naturwissenschaftlichen Arbeitens thematisiert wird.

Die Kenntnisse Jugendlicher über die Natur der Naturwissenschaften hängen mit der Entwicklung der Fähigkeiten SchülerInnen eng zusammen (vgl. Kremer et al.,2008:58). Die Entwicklung einer definierten Vorstellung davon ist jedoch sehr schwer zu erreichen, nicht zuletzt, weil sie auch von der Bildung der LehrerInnen zu diesem Thema abhängt. In der Studie zum Verständnis Jugendlicher der NdN von Kremer, Urhahne und Mayer (Erkenntnisweg Biologiedidaktik 6, 2008: 37-52) wird ein Bild über die vorhandenen

Kenntnisse von Jugendlichen angefertigt. Ausgehend von der bereits vorliegenden Forschung der Programmschrift „Science for all Americans“ (AAAS 1990) zu 'Nature of Science' als Grundlage naturwissenschaftlicher Bildung ('Scientific Literacy') wird erwähnt, dass viele Jugendliche ein sehr naives Bild der Naturwissenschaften und von WissenschaftlerInnen haben (vgl. Kremer et al., 2008:54).

Kremer beruft sich auf Lederman, Höttecke und Solomon, die durch einen breiten Meinungskonsens bestimmte Kerndimensionen der Natur der Naturwissenschaften angeben. Immer wieder wird erwähnt, dass es wichtig ist, ein bestimmtes Maß an 'scientific literacy' zu besitzen. Diese gilt als eine Grundvoraussetzung, um Teil der wissenschaftlichen Gesellschaft zu sein. Nur durch das Verständnis der Natur der Naturwissenschaften kann dies erreicht werden (vgl. Kremer et al., 2008:54). In „Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science“ von Solomon, Scott und Duveen wird genauer darauf eingegangen (vgl. Solomon/Scott/Duveen, 1995:73). Über 10 Jahre lang wurden SchülerInnen im Bezug auf NdN beobachtet, unterrichtet und interviewt. Es wird die Entwicklung von SchülerInnen beschrieben und die Weiterentwicklung des Verständnisses von NdN im Bezug auf generelle Vorstellungen zur Wissenschaft (vgl. Solomon/Scott/Duveen, 1995:82). Oft haben SchülerInnen ein durch Zeichentrickserien oder Superheldenbilder geprägtes Verständnis von Wissenschaften, der gesellschaftlichen Verantwortung von WissenschaftlerInnen und der Abhängigkeit der Forschung von Politik, Wirtschaft und persönlichem Interesse (vgl. Solomon/Scott/Duveen, 1995:82/83). Drei Jahre zuvor wurde eine Untersuchung veröffentlicht, in der über Vorstellungen von SchülerInnen zur NdN geforscht wurde. Ebenfalls von Solomon, Duveen und Scott wurden einige Erkenntnisse erworben, wie SchülerInnen ihr Verständnis davon entwickeln. Für diese Untersuchungen wurden geschichtliche Beispiele von ForscherInnen in den Unterricht eingebaut, die als Ausgangspunkt für wissenschaftliches Arbeiten und die Natur der Naturwissenschaften herangezogen wurden (vgl. Solomon/Duveen/Scott, 1992:409). Das Ziel dieser Untersuchung war, herauszufinden, wie sehr ein durch die Geschichte der Wissenschaft geprägter Unterricht die Entwicklung des Verständnisses über NdN von SchülerInnen beeinflussen kann (vgl. Solomon/Duveen/Scott, 1992: 410). Die Einbettung von geschichtlichen Ereignissen in den Unterricht wird auch von anderen WissenschaftlerInnen wie Höttecke oder Kircher befürwortet. Bei dieser Nachforschung konnten Konzepte von SchülerInnen verändert werden, im Bereich der Vorstellung über 'Experiment' (ein Experiment dient eher dazu, Überlegungen zu testen als eine Entdeckung zu machen), 'WissenschaftlerIn' (WissenschaftlerInnen wissen oft, was sie als Ausgang eines

Experiments erwarten können) oder 'Theorie' (eine Theorie ist kein Fakt, sondern eine Idee oder eine Erklärung). Die Vorstellungen entwickelten sich weg von einem starren Konzept hin zu einem eher veränderlichen Konzept der Wissenschaft (vgl. Solomon/Duveen/Scott, 1992: 417/418).

Die im Rahmen dieser Studie entwickelten Materialien stützen sich auf Studien, in denen über Konzepte von SchülerInnen zu „wie sieht ein/e WissenschaftlerIn aus?“, der Frage „warum wird ein Experiment durchgeführt?“ und „können WissenschaftlerInnen den Ausgang ihrer Experimente wissen?“. SchülerInnen sprechen den Experimenten und dem wissenschaftlichen Arbeiten einen sehr willkürlichen Charakter zu. In meiner empirischen Forschung wurde von einer Schülerin im ersten Interview auch diese Aussage getätigt:

I: „Was macht ein/e WissenschaftlerIn, wenn auf einmal ihre Experimente genau nicht das ergeben, was sie ergeben sollen, was kann man.. was könnte dann sein?“

S2: „Weiterexperimentieren, vielleicht was verändern in der Formel, dass es irgendwie anders möglich ist...“

I: „Also mathematisch? – S1 nickt – zum Beispiel? oder eben im Versuchsaufbau? Was ist für euch, wenn ihr euch überlegt, ... wie arbeiten WissenschaftlerInnen? Wie passiert das?“

S1: „Naja, meistens passiert ja auch unabsichtlich. Also, dass sie jetzt..“

S2: „... durch Zufall...“

S1: „... durch Zufall... der hat jetzt zum Beispiel durch seinen Nasenspray ...hehehe..... oder der, weiß jetzt nicht genau...“

S2: „Naja durch Zufall, und dann auf dem basierend dann halt so weiterforschen. Vielleicht auch so einfach, dass man sich denkt... keine Ahnung... was hab ich zu verlieren und alles mögliche zusammenschütte oder irgendsowas....“

Aus dem Experiment 'draw a scientist' wurde gezeigt, dass viele ein weit verbreitetes Bild darstellen: männlich, weiß, verwuschelte Haare, chemische Experimente, und vielleicht Bandagen an Armen und am Kopf (vgl. Solomon/Duveen/Scott, 1992:412). Den meisten SchülerInnen ist jedoch auch bewusst, dass dieses Bild nur als Beispiel gilt, WissenschaftlerInnen aber nicht alle so aussehen. Die SchülerInnen wollten in den Zeichnungen nur deutlich hervorheben, dass es sich um einen Wissenschaftler handle (vgl. Solomon/Duveen/Scott, 1992:412).

Schwer zu verstehen war für die SchülerInnen der 10-jährigen Studie die Möglichkeit, dass ehemals etablierte Theorien heute zum Teil nicht mehr gültig sind, sie aber in der

Vergangenheit weit verbreitet waren. Es wird noch weiter darauf verwiesen, dass die Theorien heute ebenfalls den Charakter der Theorien damals besitzen, und vielleicht in naher oder ferner Zukunft widerlegt werden könnten (vgl. Solomon/Duveen/Scott, 1992:417). Eine oft vertretene Annahme ist, dass sich WissenschaftlerInnen in der Vergangenheit geirrt und 'falsche' Theorien aufgestellt hätten, dies aber heutzutage nicht mehr passiere (vgl. Solomon/Duveen/Scott, 1992:413). Theorien seien also heute viel sicherer und besser durch Experimente bestätigt. Viele – sowohl SchülerInnen als auch LehrerInnen – können den Begriff „Theorie“ nicht erklären, die meisten sind „unfamiliar with the word 'theory'“ (Solomon/Duveen/Scott, 1992:415). Dieser Begriff wird oft nicht in der Schule erklärt, und es ist sehr unüblich, dass er an der Universität in einführenden Lehrveranstaltungen definiert wird. Er wird daher selten thematisiert und verstanden. Wie Lernende mit Behauptungen umgehen und Aussagen von Lehrenden und ExpertInnen nutzen, lässt erkennen, ob Lernende eher zu „schwarz-weiß-Denken“ oder zu vielfältigen Meinungen und begründeten Urteilen neigen (vgl. Kremer et al., 2008:56). Auch Höttecke betrachtet die Vorannahmen, die bei SchülerInnen vorhanden sein können. Er unterteilt sie in drei Kategorien (vgl. Höttecke, 2001:42) : in der ersten Kategorie betrachtet er die Vorstellungen der SchülerInnen zu den WissenschaftlerInnen, die in keinster Weise konsistent sind. Es tauchen mehrere Stereotypen bei den Beschreibungen von WissenschaftlerInnen auf (vgl. Höttecke, 2001:45). Als weitere Kategorie betrachtet er die Vorstellungen zu den einzelnen wissenschaftstheoretischen Begriffen der Natur der Naturwissenschaften. Wichtig dabei ist, dass Hypothese, Theorie und Gesetz nicht als epistemologische Begriffe, sondern als ontologisch verstanden werden (vgl. Höttecke, 2001:58). Diese Vorstellungen werden in Kapitel 2.2. genauer erklärt. Als dritte Kategorie betrachtet er noch die Wahrnehmung und Vorstellung zur Entwicklung und Produktion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse (vgl. Höttecke, 2001:42).

Diese Betrachtungsweisen, die Aufschluss über die epistemologischen Überzeugungen geben, sind deswegen wichtig für den Physikunterricht, da sie selbst ein wichtiges Bildungsziel naturwissenschaftlichen Unterrichts darstellen. Die Bedeutung von Überzeugungen und Vorstellungen von Wissen und Wissensgenese, um damit Erkenntnisse über die Sichtweise zu den Charakteristika der Naturwissenschaften zu erhalten, wird erwähnt (vgl. Kremer et al., 2008:56).

Auch Dominik Ertl schreibt, dass sich die NdN zum Großteil nur implizit wiederfinden lässt. Im Schulalltag würden LehrerInnen kaum direkt darauf eingehen. Ihre eigenen Überzeugungen zur NdN haben laut Ertl einen großen Einfluss darauf, wie SchülerInnen die Inhalte vermittelt werden und welches Verständnis bei den SchülerInnen geweckt wird.

Weiters sei eine „intensive Reflexion über den gesamten Themenbereich“ (Ertl, 2010:7) erforderlich. Anknüpfen könne man bei Lehrkräften bereits in der Ausbildung oder später in der Weiterbildung, um bei Ihnen ein Bewusstsein für NdN zu schaffen.

SchülerInnen sollen sich aktiv mit der NdN auseinandersetzen, um ein besseres Verständnis vom Fachgebiet selbst zu erhalten. „Fähigkeitsentwicklung von Schülern in den naturwissenschaftlichen Fächern hängt mit der Entwicklung angemessener Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften zusammen. Je mehr das domänenspezifische Wissen [...] wächst, desto realistischer wird ihr Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften.“ Es ist also ein Wechselspiel zwischen Fachvermittlung und NdN-Vermittlung, um ein erfolgreiches Lernklima für die SchülerInnen zu erzeugen. Ohne aktive Auseinandersetzung mit der NdN kann es zu gravierenden Fehlvorstellungen kommen.

Jerrid Kruse beschäftigt sich in seinem Artikel 'Nature of Science Issue', erschienen im Iowa Science Teachers Journal, mit der aktiven und kontinuierlichen Auseinandersetzung von Lehrkräften und den Fragen ihrer SchülerInnen. Er selbst unterrichtet bereits seit Jahren und berichtet im Artikel, wie er NdN in den Unterricht einbaut. Die Tatsache, dass Theorien in der Wissenschaft durch genug Gegenbelege veränderbar sind – vermutlich handelt es sich bei dieser Aussage um Paradigmenwechsel, wie Thomas Kuhn in seinem Buch 'Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen' erörtert – ist keineswegs selbstverständlich für SchülerInnen. Es kommen Fragen auf wie: „in what way is science tentative?“, oder „for what reasons do we think that scientists are generating reliable knowledge?“, (Kruse, 2008: 16). Aus diesem Grund sollten sich LehrerInnen intensiv damit auseinandersetzen, wie man SchülerInnen besser ermöglicht, sich neue Ideen und mentale Strukturen anzueignen. Nur Frontalunterricht oder simple Erklärungen der zum Teil unbeständigen Naturwissenschaft führen nicht zur Erkenntnis, dass naturwissenschaftliches Arbeiten nicht immer die selben Schritte durchläuft. Kruse betont die Wichtigkeit der Entwicklung neuer Aktivitäten und unterschiedlicher Methoden, um die SchülerInnen an die Thematik der Natur der Naturwissenschaften heranzuführen. Nur Reflexion der erfahrenen Inhalte würde bestimmte Verständnisschwierigkeiten über längere Zeit hinweg verringern und größere Akzeptanz veränderlicher Konzepte erzielen (vgl. Kruse: 2008: 15). Kruse beendet seinen Artikel indem er sagt, dass Unterricht auch speziell auf NdN hinweisen sollte, damit sich SchülerInnen ein Bild davon erstellen können: „Continued explicit and accurate NOS instruction is important for students to truly understand NOS concepts.“ (Kruse, 2008: 16). Das heißt, dass man sich speziell damit auseinandersetzen sollte um die Erfolge zu erzielen, die am Anfang dieses Kapitels erwähnt wurden.

Eine Lehrperson soll sich darum bemühen, genug Grundlage zu liefern, um möglichst vielen SchülerInnen diese Auseinandersetzung zu ermöglichen.

Angemerkt sei noch, dass das Vermitteln der Beständigkeit gewisser Entdeckungen im Physikunterricht und in den Naturwissenschaften allgemein sehr wichtig ist. Trotz neuer Erkenntnisse ist es möglich, sich als WissenschaftlerIn auf andere ForscherInnen zu verlassen. Ein Beispiel dafür bieten die Newton'schen Axiome, die nicht vor jeder Forschung erneut hinterfragt werden müssen. Diese Prinzipien haben sich schon seit Jahrhunderten immer wieder bewährt und werden vermutlich auch weiterhin Gültigkeit besitzen. Aufgrund ebensolcher fixen Bestandteile in der naturwissenschaftlichen Forschung können SchülerInnenvorstellungen über starre, unveränderliche Theorien in der Physik entstehen. Genauer auf die Bildung von Schülervorstellungen wird in 'Physik kompakt' von Wiesner, Schecker und Hopf eingegangen.

Darüber hinaus empfiehlt Kruse, sich im Rahmen des Unterrichts längere Zeit und in mehreren Einheiten mit NdN zu beschäftigen und keine isolierten Aktivitäten durchzuführen. So können sich SchülerInnen intensiver damit beschäftigen. Im empirischen Teil dieser Arbeit werden zwar durch einzelne Aufgaben die Vorstellungen der SchülerInnen über NdN angeregt und weiterentwickelt, dies ersetzt allerdings keineswegs ein kontinuierliches Auseinandersetzen mit der Thematik, um ein breites Verständnis der Naturwissenschaften zu ermöglichen. Sie sollen nur als Teil einer möglichen Sammlung von Unterrichtskonzepten verstanden werden.

#### 2.1.4. Mythen

Die Leitideen der Naturwissenschaften, die in Kapitel 2.1. angeführt wurden, werfen die Frage auf, woher das weit verbreitete Bild von Naturwissenschaften kommt, das von diesen Konzepten der Naturwissenschaften manchmal stark abweicht. Dietmar Höttecke erwähnt in seinem Werk „Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen“ zwei wichtige Themen, die als weit verbreitete Mythen des Verständnisses von Naturwissenschaften gelten: „Es wird vorausgesetzt, daß [sic.] die Phänomene sich eindeutig, klar und unabhängig von Theorie, Verwertungszusammenhängen und Geschichte aus Experimenten heraus präparieren lassen“ (Höttecke, 2001: 21), wobei das Experiment und die Ausgänge oft als etwas Bestehendes gesehen werde. Ein weiterer Mythos ist der, dass „jede Beobachtung durch Erwartungen und Präkonzepte vorstrukturiert“ (Höttecke, 2001:21) sei, wobei den Experimenten ein hoher Grad an Theorie vorausgehen müsse. Als Ursprung dieser Mythen sieht Höttecke einen Unterricht, der sich zu sehr an Fachsystematik orientiert, also mehr



Fokus auf Fachvermittlung als auf Fachverstehen legt „Das Ergebnis sind Mythen über Naturwissenschaften: Wissen erscheint als unveränderlich und wahr, anstatt als von Menschen in einem historischen Prozeß [sic.] hergestellt und kontingent “ (Höttecke, 2001:7/8). Diese Vorstellungen der Naturwissenschaften sind bei SchülerInnen weit verbreitet. Vermutlich werden die Ideen auch nach der Schulzeit nicht aufgebrochen. Das kann laut Höttecke nur dann passieren, „wenn im Unterricht auch klar werden kann, wie und warum welches Wissen produziert wird und wurde“ (Höttecke, 2001:29). Die Mythen, die durch ein verzerrtes Bild der Naturwissenschaften entstehen können, werden unter anderem auch von McComas bearbeitet. Er hat in seinem bereits erwähnten Werk diese Mythen gesammelt, wobei die für diese Arbeit relevanten Mythen hier ins Deutsche übersetzt wurden:

*Mythos 2: Wissenschaftliche Gesetze und Ähnliches sind jedem Zweifel erhaben.*

Dieser Mythos beinhaltet das Problem, dass sich viele SchülerInnen den teils vorläufigen Charakter von wissenschaftlichen Theorien, der in Kapitel 2.1.1. erwähnt wurde, nicht vorstellen können (vgl. McComas, 1998:55). Dadurch erhalten auch andere Konzepte des naturwissenschaftlichen Arbeitens und Forschens unanzweifelbare Form. Es wird oft im Unterricht so dargestellt, dass heute gültige Theorien nicht hinterfragt werden müssen. Laut McComas gibt es speziell unter den KreationistInnen einige KritikerInnen von naturwissenschaftlichen Belegen und Wissen (vgl. McComas, 1998:55), die ein Verteidigen der wissenschaftlichen Theorien m. E. als starres Vertreten unveränderlicher Tatsachen präsentieren. Wissenschaftliche Erkenntnisse kritisch zu betrachten ist ein wichtiger Schritt, sich mit der Materie intensiver zu befassen und sie verstehen zu können. Ihre Veränderlichkeit sollte dabei zwar nicht vergessen werden, nicht hauptsächlich im Vordergrund stehen.

In der Wissenschaft wird immer wieder versucht, so die eigenen möglicherweise fehlerhaften Theorien zu verbessern und zu korrigieren (vgl. McComas, 1998:55). Im Bezug auf das wissenschaftliche Arbeiten bedeutet dies, dass man sich auf gewisse Ergebnisse verlassen sollte, um auch zielführend Forschen zu können. Mit welcher Methode geforscht werden kann ergibt sich durch die bereits bestehenden Forschungsergebnisse.

Zusätzlich beinhaltet dieser Mythos auch die unterschiedlichen Arten von Gesetze, die in der Wissenschaft vorzufinden sind (vgl. McComas, 1998:55). Dies ist womöglich auf die unterschiedlichen Arten des Erforschens zurückzuführen und laut McComas auch fachspezifisch. So meint er seien in der Physik die meisten Gesetze deterministisch, wobei in

der Biologie viele Gesetze mit Wahrscheinlichkeiten verknüpft sind (vgl. McComas, 1998:55). Durch die ziemlich sicheren Ausgänge von Experimenten und den 'Vorhersagen' mit physikalischen Gesetzen ist die Möglichkeit, diese könnten nicht stimmen, nur sehr schwer akzeptierbar.

Mythos 4: Es existiert eine generelle und universale wissenschaftliche Methode.

Die von mir entwickelten Materialien sind speziell auf diesen Mythos abgestimmt. Es befinden sich weitere Erklärungen, warum die von mir entwickelten Materialien die Vorstellungen erweitern, in Kapitel 4.1.1. McComas beschreibt den Mythos damit, dass in sehr vielen Schulbüchern bereits eine Einführung in die wissenschaftliche Methode gegeben wird und dadurch das Bild verbreitet wird, dass es nur diese eine gäbe (vgl. McComas, 1998:57). Er weist auch noch darauf hin, dass sich Studierende an der Universität zu wenig angeleitet fühlen, wenn sie beim Forschen die einzelnen Schritte der Methode nicht vorfinden (vgl. McComas, 1998:58). Wenn SchülerInnen in der Schule immer diese klaren Vorgaben erhalten kann es schwer sein, sich im Studium eine für den Versuch oder das Forschen passende Vorgehensweise selbst anzueignen.

Mythos 6: Wissenschaft und ihre Methode liefern absolute Beweise.

Dieser Mythos betrifft insofern die wissenschaftliche Methode, als dass sich bei SchülerInnen schnell das Bild einprägt, durch die eine Methode auch sicher an das gewünschte Ziel zu kommen. Wie bereits erwähnt ist es nicht möglich, immer exakt vorherzusehen, welchen Ausgang ein Versuch oder ein Experiment einnehmen kann. Die Arbeitsschritte werden oft verändert, um Fehler zu umgehen, oder um neue Resultate zu erzielen. McComas bezieht sich auf die Falsifikation von wissenschaftlichen Ergebnissen. Wenn die geformte Annahme der Prüfung standhält findet sie in der Wissenschaft zumindest für den status quo Gültigkeit. (vgl. McComas, 1998:60). M.E. ist es nicht durch eine einzige Methode möglich, zu sagen, dass ein absoluter Beweis geliefert werden kann.

Mythos 10: Experimente sind der grundsätzliche Weg zur wissenschaftlichen Erkenntnis

Durch diese Annahme wird deutlich, dass für viele SchülerInnen das Experiment aus einem wissenschaftlichen Vorgang nicht wegzudenken ist. Tatsache ist jedoch, dass durch Wissenschaft generierte Erkenntnisse auch über einen nicht-experimentellen Weg zustande gekommen sind. Von McComas werden astronomische Beobachtungen genannt, genau so wie die Tatsache, dass viele Experimente nicht durchgeführt werden können aufgrund zu vieler unkontrollierbarer Variablen (vgl. McComas, 1998:64). Das heißt, es sollte

SchülerInnen klar gemacht werden, dass wissenschaftliches Forschen nicht immer Experimente beinhaltet, sondern auch auf Beobachtungen oder dergleichen basieren kann.

Der letzte Mythos, auf den ich genauer eingehen möchte, ist:

*Mythos 14: Wissenschaft und Technik sind ident.*

Dieser Mythos könnte der Ursprung sein, warum überhaupt eine einzige wissenschaftliche Methode als existent angenommen wird. Durch die Präsentation von technischen Errungenschaften und einer Auflistung der erfolgreichen Entwicklungsschritte bis zum Ergebnis wird eine einzige Vorgangsweise propagiert. Dies ist aber, wie in Kapitel 2.1.2. erwähnt, nicht der Fall. Wissenschaft ist außerdem nicht automatisch praktikabel, es können auch Erkenntnisse entstehen, die für die allgemeine Bevölkerung nicht direkt nutzbar sind (vgl. McComas, 1998:66).

### 3. Unterricht der NdN

Im Physikunterricht findet die Natur der Naturwissenschaften durch die Entwicklung der unterschiedlichen Unterrichtskonzepte zu NdN in den letzten Jahren mehr Anklang.

Laut Jerrid Kruse war der Lernerfolg und die Weiterentwicklung von SchülerInnen, ausgehend von einem Unterricht, der das Verständnis über NdN als Hintergrund hatte, erheblich größer als bei Unterricht ohne darauf abgestimmte Inhalte. Wichtig dabei ist, dass sich die SchülerInnen selbst aktiv damit auseinandersetzen und nicht nur über Inhalte abgeprüft werden. So soll ein Verstehen und nicht nur bloßes Inhalte auswendig lernen gewährleistet werden (vgl. Kruse, 2008:19).

Immer mehr WissenschaftlerInnen betrachten NdN als wichtigen Bestandteil der Grundbildung eines an der Gesellschaft beteiligten Menschen. „Im Gegensatz zum fachsystematischen Unterrichtsparadigma ist ein Lernbereich der Natur der Naturwissenschaften auf die Prozesshaftigkeit von Naturwissenschaften gerichtet, womit aber keinesfalls ausgeschlossen wird, daß [sic.] nicht auch naturwissenschaftlichen Fachinhalte erlernt werden können und sollen“ (Höttecke, 2001:19). Es ist sehr schwer, diese ganze Fülle in den Physikunterricht einzubauen. Alleine die Menge an Fach- und Fremdwörternvokabular ist für viele SchülerInnen bereits demotivierend. „Ohne eine tiefgreifende, permanente und kritische Reflexion auf Ziele und Methoden des Physikunterrichts versteinert dessen Lehr- und Lernkanon. Es gilt als selbstverständlich, daß [sic.] die Fachsystematik geeignete Inhalte bereitstellt, um den Lernenden nicht nur Kenntnisse der Inhalte und Methoden der naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen zu ermöglichen, sondern auch darüber hinaus adäquate Vorstellungen von der Natur der Naturwissenschaft zu entwickeln“ (Höttecke, 2001:39). Über Natur der Naturwissenschaften lernen passiert nicht nicht von selbst. Es müssen Materialien entwickelt werden, die tatsächlich speziell darauf eingehen (vgl. Höttecke, 2001:39).

Jerrid Kruse so wie Thomas Kuhn thematisiert den Nutzen historischer Beispiele im Unterricht, um den Kontext der Natur der Naturwissenschaften besser verständlich zu machen (vgl. Kruse, 2008: 16). Die von mir entwickelten Materialien beziehen sich auch zum Teil deswegen auf geschichtliche Entwicklungen.

Die Studien zur Physikdidaktik von Ernst Kircher spiegeln das Verlangen wider, sich der Wissenschaftstheorie anzunähern und sich somit auch mit dem Wesen der Naturwissenschaften auseinanderzusetzen, auch wenn er selbst die Umsetzung als noch nicht realisierbar betrachtet, da in der didaktischen Aufarbeitung eben dieser noch viel getan werden muss (vgl. Kircher, 1995: 9). Durch die positiven Auswirkungen über das Einbauen

von NdN im Unterricht, die WissenschaftlerInnen erwähnen, werden immer mehr Unterrichtsmaterialien entwickelt. Solomon, Duveen und Scott haben in der bereits erwähnten Studie von 1992 den Charakter der historischen Bedeutung von Wissenschaftsentwicklung herausgearbeitet, und später in einem Artikel aus dem Jahr 1995 Ergebnisse einer Langzeitstudie präsentiert, wobei sie sich dabei mehr auf den sozialen und ethischen Aspekt der NdN konzentrierten (vgl. Solomon/Scott/Duveen, 1995:82/83). In allgemeiner Form erwähnt Höttecke, dass ein didaktisch-methodischer Rahmen geschaffen werden sollte, um NdN nicht nur zu präsentieren, sondern den SchülerInnen auch die Möglichkeit zu geben, das Wesen der Naturwissenschaften selbst zu erforschen (vgl. Höttecke, 2001:18).

In einem Artikel von Abd-El-Khalik, Bell und Lederman mit dem Titel „the Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural“ wird eine Studie zu „preservice teachers“ und deren Erfahrung mit „nature of science“ herangezogen um daraus die Relevanz der NdN für die Ausbildung von Lehrkräften abzuleiten (vgl. Abd-el-Khalick et al., 1997). Zwar geht aus besagtem Artikel nicht eindeutig hervor, dass die Ausbildung der LehrerInnen unbedingt NdN beinhalten sollte, sondern dass ein bestimmtes naturwissenschaftliches Verständnis bei der Planung von Unterricht zu mehr Lernerfolg bei SchülerInnen geführt habe.

Ebenso betont Höttecke, dass das „Wissen [über die Natur der Naturwissenschaften] für die Ausbildung zur PhysiklehrerIn unabdingbar [ist], denn nur eine LehrerIn, die auch über die NdN (in diesem Fall der Physik) Bescheid weiß, wird auch in der Lage sein, sein/ihr Fach in der Schule realitätsnah zu repräsentieren und ein Verstehen anzuregen, das über die Vermittlung von Fakten und Formeln hinausgeht und eben orientiert und bildet“ (Höttecke, 2001:142).

Auch Fouad Abd-el Khalick beschreibt in einem Artikel zu „Teaching With and About Nature of Science“, erschienen 2012 in „Science and Education“, dass der aktive und durch Reflexion gespickte naturwissenschaftliche Unterricht viel zum Verständnis sowohl von Jugendlichen als auch LehrerInnen beitragen kann (vgl. Abd-el-Khalick, 2012:4). Er weist allerdings darauf hin, dass es einen Unterschied gibt zwischen 'über' und 'mit' Natur der Naturwissenschaften zu unterrichten. Über Natur der Naturwissenschaften lehren bedeutet auch, viele Aktivitäten mit expliziter Reflexion zur Thematik einzusetzen. Mit Natur der Naturwissenschaften unterrichten heißt für ihn, dass LehrerInnen mit bereits vorhandenen Kenntnissen darüber besser geeignet sind, SchülerInnen indirekt im Erwerb des Wissens in dem Bereich zu unterstützen (vgl. Abd-el-Khalick, 2012: 2). Im Artikel wird auch erwähnt,

wie gering die Kenntnisse der LehramtskandidatInnen in vielen Ländern in Bereichen der NdN sind, und viele LehrerInnen naiven Konzepten folgend ihren Unterricht in keinem Verhältnis zu wissenschaftlichem Arbeiten strukturieren (vgl. Abd-el-Khalick, 2012:2). Um ein Umfeld zu erzeugen, in dem darauf abgestimmtes Lernen leichter fällt, ist es besonders wichtig, dass LehrerInnen bereits ein gutes Grundverständnis davon haben (vgl. Abd-el-Khalick, 2012:7). Einzelne Konzepte, wie zum Beispiel, dass sich Theorien verändern können, wenn sie widerlegt oder nur zum Teil bestätigt werden können, werden von SchülerInnen besser wahrgenommen, wenn der Unterricht darauf gezielt konzipiert wurde (vgl. Abd-el-Khalick, 2012:9/10). Auch Okhee Lee hebt in seinem Artikel „Scientific Literacy for All: What Is It, and How Can We Achieve IT?“, erschienen 1997 im *Journal of Research in Science Teaching*, genau diesen Punkt hervor (vgl. Okhee, 1997:219). Die 'National Science Education Standards' von 1995, veröffentlicht in der National Academy Press, beschreiben 'scientific literacy' wie folgt: „scientific literacy is the knowledge and understanding of scientific concepts and process required for personal decisionmaking, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity. [...] The *National Science Education Standards* [sic.] implies the acquisition of scientific knowledge and the development of understanding“ (National Science Education Standards, 1995:22/23).

Zusätzlich meint Okhee, dass zum Prozess des Wissenserwerbs noch charakteristische Denkweisen des wissenschaftlichen Arbeitens erlernt werden müssen, die durch Werte und Haltungen der wissenschaftlichen Gemeinschaft geprägt sind.

Es gilt z.B. für Höttecke, dass SchülerInnen „des Physikunterrichts [...] in die systematischen Inhaltsstrukturen und die Methoden der Fachwissenschaft eingeführt werden [sollen]“ (Höttecke, 2001:5).

Wie bereits in Kapitel 2.1.3. erwähnt, hängt eine genaue Vorstellung von SchülerInnen über die eigenen Fähigkeiten in physikalischen Belangen stark mit dem Verständnis der Natur der Naturwissenschaften zusammen. Dieser Gedanke wird von Thorid Rabe im 2. Piko-Brief aufgegriffen und die Wichtigkeit hervorgehoben, durch spannenden Physikunterricht das Fachinteresse und somit das Selbstkonzept der SchülerInnen zu steigern (vgl. Piko-Brief 2, Rabe, 2010:2/3). Duit beschreibt diese Überlegung im 3. Piko-Brief und meint, dass die Sachstruktur des Unterrichts oft zu abstrakt ist und den SchülerInnen nicht als Erfahrungswelt dient, obwohl genau das ein wichtiger Schritt in Richtung Erkenntnis der Bedeutung von Physikunterricht sei (vgl. Piko-Brief 3, Duit, 2010:3). Nur durch ausreichende Motivation und Fach/-Sachinteresse kann ein Konzeptwechsel, wie er von Duit im 1. Piko-Brief erwähnt wird, stattfinden. Mit Konzeptwechsel meint er, dass sich

SchülerInnen eine neue physikalische Sichtweise entwickeln können und sich durch den Unterricht die Konzepte der physikalischen Begriffe und Prinzipien mit den Vorstellungen über Physik verknüpfen lassen (vgl. Piko-Brief 1, Duit, 2010:2/3). Daher sollten diese zwei Ziele, die Vertiefung des Wissens über NdN der LehrerInnen und vermehrter Einsatz von speziell auf NdN abgestimmten Aktivitäten im Unterricht, in der LehrerInnenausbildung aktiv verfolgt werden (vgl. Abd-el-Khalick, 2012:2).

Warum sich LehrerInnen und SchülerInnen vermehrt mit NdN auseinandersetzen sollten, erörtert Abd-el-Khalick mit folgender Aussage: „teaching about Nos is instruction aimed at helping learners [...] develop informed epistemological understandings about the generation and validation of scientific knowledge, and the nature of the resultant knowledge“ (Abd-el-Khalick, 2012:4).

Ob die Natur der Naturwissenschaften in der Schule unterrichtet werden kann, beantwortet Kircher damit, dass die Lehre darüber tatsächlich bereits unbewusst in der Grundschule beginnt und es daher keine Schwierigkeiten bereitet, wenn sich SchülerInnen reflektierend mit wissenschaftstheoretischen Erkenntnissen auseinandersetzen. Dies beinhaltet die Betrachtung der Standardmethoden der Naturwissenschaften, Verständnis der einzelnen Umsetzungskomponenten, zum Beispiel Experimente oder Beobachtungen von Phänomenen, sowie ihr zu Grunde liegenden Theorie- und Modellbildung. Aktuelle Entwicklungen naturwissenschaftlicher Theorien gehen ebenso stark in die Übermittlung physikalischer Inhalte ein wie historisch bedingte Veränderungen (vgl. Kircher, 2007: 711). Die zum Teil starren Traditionen im Physikunterricht sollten aufgebrochen werden und neue Elemente in den Unterricht einfließen. So fordert Höttecke, man sollte mit „lange[n] Listen fachinhaltlicher Kenntnisse brechen, um Natur der Naturwissenschaften als Lernziel aufzunehmen“ (Höttecke, 2001:18).

Johannes Günther schlägt in seinem Artikel „Black Boxes – Analogien zur Problemstellung in der Naturwissenschaften“ vor, dass sich SchülerInnen an folgender wissenschaftlicher Methode orientieren sollen: „Problem – Beobachten und Schlussfolgern – Hypothese bilden (die durch weitere Versuche testbar sein sollen) – Hypothese dann testen – Modellbildung – Metatheoretische Diskussion“ (vgl. Günther, 2008: 27). Dabei ist deutlich ersichtlich, dass sich Physikunterricht auch am wissenschaftlichen Vorgehen orientieren soll, wobei dieser Aspekt bereits in Kapitel 2.1.2. analysiert wurde. Sachstrukturen des Unterrichts orientieren sich oft an der Fachsystematik, die den Unterricht qualifizieren und Nachwuchs rekrutieren soll. Diese Systematik beinhaltet Begriffe, Methoden, Theorien und Modelle der Wissenschaft Physik. Die Fachstruktur wiederum betrachtet, wie methodologisch verfahren,

mathematisch Theorien gebildet und Experimente durchgeführt werden (vgl. Höttecke, 2001:5/6). Physikunterricht ist bei vielen SchülerInnen nicht sehr beliebt. Sie müssen sich mit schwierigen Themen auseinandersetzen und die Welt in einer Sprache verstehen lernen, die nicht besonders alltagstauglich ist. „Physikunterricht allgemein bildender Schulen [ist so aufgebaut], daß [sic.] die Lernenden sich mit Inhalten auseinandersetzen müssen, die sie selbst nur schwer sinnbesetzen [sic.] können. Formeln und Gesetze muß man sich einverleiben“ (Höttecke, 2001:7). Die Frage ist nun, wie man von einem 'lernen müssen' weg zu einem 'lernen wollen' gelangen kann, da doch auch wissenschaftliches Wissen produzieren oft nicht in Zusammenhang mit persönlichem Interesse der SchülerInnen gesehen wird. Oft wird nämlich die Naturwissenschaft selbst als „formal-logisches Regelsystem [dargestellt, das der][...] tatsächlichen Praxis in keinem Fall gerecht [wird]. [...] Physik [erscheint] als etwas Totes und Fertiggemachtes“ (Höttecke, 2001:23). Nur WissenschaftlerInnen selbst hätten genügend Interesse daran, sich mit der Physik näher zu beschäftigen. „Wissenschaftler seien v.a. durch ihre persönliche Neugier motiviert“ (Höttecke, 2001:48), und diese Neugier können SchülerInnen oft nicht aufbringen, warum sollten sie sich also mit Physik beschäftigen. Zusätzlich wissen SchülerInnen oft bereits, dass die Experimente schon von WissenschaftlerInnen getätigt wurden, es ein 'richtiges' Ergebnis gibt und sie selbst nicht die Theorie bestätigen, sondern das Experiment einfach nur als Schauexperiment durchführen (vgl. Höttecke, 2001:26). Dadurch hält sich die eigene Motivation der Lernenden in Grenzen. Die tatsächliche Natur der Naturwissenschaften, wodurch Naturwissenschaft überhaupt zustande kommt und was alles auf sie einwirkt, um zu dem zu werden, was sie ist, wird im Unterricht oft missachtet. Die Einflüsse von Gesellschaft, Kultur, Ökonomie und Politik spielen alle eine wichtige Rolle und sollen daher auch im Unterricht erwähnt werden (vgl. Höttecke, 2001:23). „Der Bedingungs-zusammenhang von Wissenschaft und Technik wird unterschlagen, und die Entstehungsbedingungen werden auf die Geschichte weniger großer und dann vor allem auch genialer Männer reduziert“ (Höttecke, 2001:23). Auch in den Piko-Briefen von Reinders Duit et al. wird dem Lehren von NdN große Relevanz zugesprochen. Es gehört „zur naturwissenschaftlichen 'Grundbildung' nicht alleine die Vertrautheit mit naturwissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien sowie ihre Anwendung in relevanten Kontexten [...], sondern [...] auch eine fundierte Einsicht in den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess [...]“ (Piko-Brief 6, Duit, 2010:1).

Was aber ist Physik als Wissenschaft? Und was ist das Wesen der Physik, sodass sie als Wissenschaft von SchülerInnen erkannt werden kann? Als etwas wesentliches der Physik als



Wissenschaft nennt Leon Lederman (aus „Die Stringtheorie und andere letzte Dinge“ im Buch „Das Wissen von Morgen“ von John Brockman):

„Etwas zu glauben, obwohl man weiß, dass es sich (noch) nicht beweisen lässt, liegt im Wesen der Physik. Genies wie Einstein, Dirac, Poincaré usw. huldigten der Schönheit von Konzepten und maßen in einem grotesken Sinn der Wahrheit geringere Bedeutung bei.“ (Lederman, 2008: 49).

In gewisser Weise könnte man nun annehmen, dass Physiker, die sich ganz der „Schönheit von Konzepten“ hingeben, sich absolut auf eine Idee konzentrieren und diese mit allen Mitteln verteidigen wollen. In der Schule bekommt man von jahrelanger Hingabe und möglichen Rückschlägen wenig mit. Kircher schreibt in seiner Einleitung seiner „Physikdidaktik“ von 2007: „Physik ist das, was Physiker tun.“. Jedoch ist Physik in der Schule weit von dem entfernt, was PhysikerInnen tun.

Maria Spiropulu, eine Experimentalphysikerin am CERN, eröffnet ihren Artikel im selben Buch von Brockman, dass sie an nichts glaube, was sich nicht beweisen ließe. Durch wissenschaftliches Arbeiten sollten wir uns immer mehr der Wahrheit annähern (vgl. Spiropulu, 2008:51). Wie kann die Wahrheit oder der Versuch, sich ihr anzunähern unterrichtet werden? Im Plus Lucis Artikel des Jahres 2005 von Reinders Duit mit dem Titel „Wie Physikunterricht in der Praxis aussieht“ werden Merkmale guten Unterrichts aufgelistet. Dabei wird eine sinnvolle Einbettung von Experimenten und eine ausführliche Diskussion ihrer Ergebnisse gefordert (vgl. Duit, 2005:13). Dies sollte eine intensive Auseinandersetzung mit dem wissenschaftlichen Erkenntnisprozess zur Folge haben als wichtiger Teil der Natur der Naturwissenschaften. Im Unterricht wird sehr selten die persönliche Komponente als Teil des Forschens thematisiert. Dass ForscherInnen auch persönliche Motive verfolgen können, sei es, um Geld zu verdienen oder um Anerkennung von anderen WissenschaftlerInnen zu erhalten, ist für viele SchülerInnen keine wirkliche Option (vgl. Höttecke, 2001:47). „Motivationen zur Produktion des Wissens werden ausgeblendet, so daß [sic.] der Eindruck der Wertfreiheit der Naturwissenschaften implizit vermittelt wird“ (Höttecke, 2001:8). Die Ergebnisse der Wissenschaft gelten als etwas, das erforscht wird, um Wissen zu befriedigen. Wissenschaft wird von ein paar „Übermenschen“ (Höttecke, 2001:8), wie z.B. Einstein es sein müsste, 'geschaffen'. Jedoch ist das aktuelle Wissenschaftsverständnis, das sich seit 1970 immer mehr herausgebildet hat, weit davon entfernt, den WissenschaftlerInnen den Status eines Übermenschen zuzuschreiben. „Die

Analyse [einiger Lehrbücher] macht deutlich, daß [sic.] [...] eine Entwicklung stattgefunden hat, die ein anderes Wissenschaftsverständnis in [den] Vordergrund rückt [...]. Wissen scheint nicht mehr als zeitlos fixiert, sondern wird als historisch wandelbar betrachtet“ (Höttecke, 2001:18).

Mit der Umsetzung eines solchen Unterrichts setzt sich Höttecke im Artikel 'Was ist Physik – Über die Natur der Naturwissenschaften unterrichten' auseinander. Er meint „forschendes Lernen im Physikunterricht zeichnet sich durch offene komplexe und zunächst unübersichtliche Probleme aus, die die Schülerinnen und Schüler selbsttätig lösen. Dabei verhalten sie sich im besten Fall wie „echte“ Physikerinnen und Physiker. Sie formulieren und reformulieren die Problemstellungen, entwickeln Ideen, planen Experimente und Untersuchungsreihen und führen sie durch. Sie recherchieren Informationen, stellen Vermutungen auf und überprüfen sie methodisch geregelt“ (Höttecke, 2008:9). Für Höttecke ist der Erwerb von Wissen über den experimentellen Vorgang in der Naturwissenschaft sowohl von kognitiven Vorgängen als auch von praktischen Erfahrungen abhängig. Die Vorstellungen von SchülerInnen über die Arbeit von WissenschaftlerInnen, was diese tun und wie sie vorgehen (das kognitive Wissen) und die eigenen Erfahrungen am Experiment, die selbst entwickelten Strategien und Problemlösungsansätze (das praktische Wissen) sind beide zu gleichen Teilen wichtig, um sich die Natur der Naturwissenschaften vertrauter zu machen (vgl. Höttecke, 2001:62). „Die beiden Bereiche, in denen sich ein Verständnis des Experiments offenbaren kann, bieten gleichzeitig auch die Ansatzpunkte, an denen Unterricht ansetzen kann, um das Experimentverständnis zu verändern und zu entwickeln“ (Höttecke, 2001:62). Denn sowohl das explizite Erwähnen des Experiments mitsamt seiner Funktionen und Eigenschaften als auch das eigenständige Experimentieren sind wichtige Bestandteile des Verständnisses darüber (vgl. Höttecke, 2001:62).

Durch eine Darstellung von Interviews von Lehrkräften im 4. Piko-Brief von Reinders Duit und Christoph T. Wodzinski wurde demonstriert, dass naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen nur sehr selten tatsächlich im Physikunterricht ausdrücklich erwähnt werden (vgl. Piko-Brief 4, Duit/Wodzinski, 2010:2).

Im Werk „Klimawandel vor Gericht“ von Eilks Ingo et al. befinden sich einige Bemerkungen zur Bedeutung des Teilaspekts der NdN „Physik und Gesellschaft“. Dieser Aspekt kommt besonders in der Kategorie 'Wissenschaftsethik' zu tragen und ist auch laut Kircher, wie bereits weiter oben erwähnt, ein wichtiger Teil der Natur der Naturwissenschaften. Hervorgehoben wird in der Einleitung des Buches, dass die Wissenschaft den Klimawandel selbst nicht ändern kann, sondern nur Anstöße dazu liefert, Technologien zu verändern und

den Menschen zu motivieren, an der Zukunft mitzuwirken. Es gilt, dass, „die Naturwissenschaften [...] Voraussetzungen für veränderte Technologien schaffen [können], die gleichermaßen unseren Wohlstand erhalten und im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung den Klimawandel verlangsamen oder vielleicht sogar stoppen können“ (Eilks et al., 2011: 14). Physikunterricht kann SchülerInnen dazu motivieren, sich mit dem Wesen der Wissenschaft bezüglich ethischer Belangen zu beschäftigen.

Lehrerinnen, die über Physik oder über die Naturwissenschaften unterrichten, geben ihre eigenen Empfindungen über Physik auch an ihre SchülerInnen weiter. Daher wäre es, wenn man die Natur der Naturwissenschaften lehren möchte, auch wichtig, dass sich die LehramtskandidatInnen damit beschäftigen und ihr offen entgegenreten. Dies wurde in einer Studie von Fouad Abd-El-Khalick, Randy I. Bell und Norman G. Lederman mit dem Titel „The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural“ untersucht. Die Autoren berufen sich auf die 'scientific literacy' und die Bedeutung der NdN für eine 'scientific literate person'. Sie wollten mit der Studie den Grad der Wichtigkeit von NdN für LehramtskandidatInnen herausfinden, und wie sich ihre Kenntnis darüber auf deren Unterricht auswirken könnte. Zuerst erhielten alle TeilnehmerInnen eine Einführung in die Natur der Naturwissenschaften. Danach wurde ihnen ein Fragebogen gegeben und es wurden Einzelinterviews mit ihnen durchgeführt. Nur wenige der TeilnehmerInnen hatten NdN ausdrücklich in ihrem Unterricht eingebaut. Es wurden eher einzelne Aspekte in ihre Unterrichtsplanung mit aufgenommen, jedoch wurde kein Fokus darauf gelegt.

Der Großteil der Teilnehmer und Teilnehmerinnen empfand NdN als nicht zwingend relevant für den Unterricht, nur ein paar Teile davon. Unterricht könnte nicht nur dann erfolgreich sein, wenn die Natur der Naturwissenschaften ausreichend erarbeitet wird. Guter Unterricht hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab, die unterschiedlich gewichtet werden können. Auch umgekehrt ist ein gutes Unterrichtskonzept nicht unbedingt Auslöser von einem breiten Naturwissenschaftsverständnis. „Ein gutes Klassenklima, kommunikative Kompetenzen auf allen Seiten und die Förderung der Fähigkeiten, Zusammenhänge zu erkennen, bedingen generell Unterrichtserfolge, und sind nicht spezifisch für den Erfolg eines Unterrichts über die Natur der Naturwissenschaften“ (Höttecke, 2001:83).

„[although it is] challenging [to create sufficient education] [...] yet, the potential to make it happen is significant“ (Okhee, 1997:222).

### 3.1. Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

In der Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht Physik“ aus dem Jahr 2008 veröffentlichte Dietmar Höttecke den Artikel „Was ist Physik – Über die Natur der Naturwissenschaften Unterrichten“. Darin erwähnte er, dass es „möglich [ist], den Lernbereich 'Natur der Naturwissenschaft' spiral curricular zu organisieren. Dazu gibt es bislang aber noch keine ausreichend ausgearbeiteten Konzepte“ (Höttecke, 2008:9). Mittlerweile hat sich diesbezüglich, besonders durch Mitwirken von Höttecke selbst, einiges getan. Zum Beispiel beinhalten die Materialien von Eilks et al. Rollenspiele zur Thematik des Klimawandels, in denen ein reger Meinungs austausch zwischen den SchülerInnen im Rahmen der NdN möglich ist. Dabei nehmen SchülerInnen unterschiedliche Positionen in Gesellschaft und naturwissenschaftlichen Tagungen ein, um sich der Umweltproblematik aus unterschiedlichen Sichten anzunähern und zu reflektieren. Es wird von „authentischen Medien und Fragestellungen ausgegangen, die dann über eine Phase der fachlichen Klärung in ein Diskussions- und Reflexionsszenario münden. Für diese letzte Phase greifen [die Lehrkräfte] [...] auf das Element des Rollen- oder Planspiels zurück, in dem wie in einer Schulkonferenz, einer Fachausschussanhörung oder einem Gerichtsprozess unterschiedliche Experten befragt werden, die nach bestimmten Regeln zur Meinungsbildung eines Entscheidungsgremiums beitragen sollen [...]“ (Eilks et al., 2011:13). Diese Unterrichtsmethoden bieten ein hohes Potenzial, sich mit ethischen Fragestellungen auseinanderzusetzen, selbstständiges Urteilen zu fördern und eigenes Handeln zu reflektieren. „Solche Methoden eignen sich, dilemma-artig strukturierte, komplexe gesellschaftlich relevante Problemstellungen zu verstehen, deren Bewältigung Bewertungskompetenz erfordert“ (Eilks et al., 2011:13). Im Rollenspiel versetzt man sich in die Person, die man einzunehmen gedenkt. Dabei bietet manchmal auch ein kurzer Text „Reflexionsanlässe dazu, was eine Entdeckung überhaupt ist, was die Forscher zu ihrer Arbeit motiviert oder welche Funktionen Theorien, Beobachtungen und Experimente in der Forschung haben“ (Höttecke, 2008:10). In der bereits im Kapitel 2.1.3. erwähnten Artikel von Solomon, Duveen und Scott werden Beispiele von Materialien angegeben, wodurch ein Unterricht mit Fokus auf den geschichtlichen Faktor der NdN gelegt werden kann (vgl. Solomon/Duveen/Scott, 1992:411). Dabei achten sie besonders auf einen sozialen Kontext und weniger auf chronologische Richtigkeit der im Unterricht verwendeten Geschichten und Texte, die immer Schüleraktivitäten als Folge haben, „this could be making a poster, sequencing a set of statements, performing an experiment or taking part in a role play“ (Solomon/Duveen/Scott, 1992:411/412).

Zusätzlich findet man im Internet auch immer wieder Anleitungen, SchülerInnen wissenschaftliches Arbeiten verständlicher zu machen. Diese beinhalten oft ein starres Gerüst, eine klare Vorgabe, was wissenschaftlich Arbeiten ist und welche Schritte wie verfolgt werden sollen. Von verschiedenen Vertretern von Sinus Bayern, einer Plattform des Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung in München, wird in ihren Ausarbeitungen zu 'naturwissenschaftlichem Arbeiten' betont, dass es wichtig ist, SchülerInnen mit dem wissenschaftlichen Erkenntnisweg zu konfrontieren (vgl. Sinus Bayern, Naturwissenschaftliches Arbeiten). Trotzdem sind die meisten Materialien sehr unflexibel und bauen darauf auf, dass SchülerInnen mit Versuchen das vom Material vorgegebene Schema so oft durcharbeiten, bis sich dieser Vorgang gut eingeprägt hat (vgl. Sinus Bayern, Arbeiten wie „echte“ Wissenschaftler).

Dafür, wie man die Materialien gestalten sollte, um tatsächlich das erwünschte Ziel zu erreichen, gibt es natürlich kein Universalrezept, jedoch geben zum Beispiel Thorsten Bell und Reimund Girwidz im Piko-Brief 9 einen Überblick, welche methodischen Elemente im Physikunterricht durch welche Arbeitsschritte gekennzeichnet sind.

Sie teilen die Elemente in sechs Unterkategorien ein: Methodische Großformen, methodische Konzepte, methodische Unterrichtsschritte/Phasen, Aktivitäten, Organisationsformen, Methodenwerkzeuge (zielorientierte Handlungsorganisation);

(vgl. Piko-Brief 9, Bell/Girwidz, 2010: 2). In diesen Teilkategorien können sich LehrerInnen orientieren und bestimmte Ideen für gewünschte Ziele einholen, um ihre eigenen Unterrichtseinheiten gut durchzustrukturieren. „Jede der [...] Formen des Lehrens und Lernens kann helfen, bestimmte Lernziele zu erreichen, bestimmtes Wissen oder bestimmte Kompetenzen zu fördern“ (Piko-Brief 9, Bell/Girwidz, 2010:6).

Ebenso wird von Bell im Piko-Brief 11 darauf hingewiesen, dass für SchülerInnen ein forschendes Lernen besonders dem Erwerb von physikalischem Verständnis hilft. Durch eigenständiges Forschen im Unterricht, meint er, lernen die SchülerInnen „Wissenschaft als Prozess kennen, in dem vormals berechtigte Modelle auf Basis neuer Beobachtungen durch Modelle mit größerem Erklärungspotential abgelöst werden“ (Piko-Brief 11, Bell, 2010:2). Dies erklärt er anhand eines Beispiels, in dem SchülerInnen den Schritt vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild durch Ausprobieren an plastischen Modellen erfahren und erkennen. Er gibt somit eine Möglichkeit, vom klassischen Bild der SchülerInnen – den Instruktionen folgen und dadurch die richtige Antwort finden (vgl. Piko-Brief 7, Duit/Tesch/Mikelskis-Seifert, 2010: 4) – abzuweichen und den SchülerInnen neue Wege des eigenständigen Forschens zu eröffnen. Zusätzlich stellt er die Frage, ob sich forschendes

Lernen lohnt und beantwortet diese mit folgender Aussage: „Forschendes Erkunden ist keineswegs ein auf die Naturwissenschaften oder gar auf die Physik beschränktes Vorgehen, sondern durchzieht in der Tat – in der einen oder anderen Form – alle Bereiche des Lebens. Forschendes Lernen soll den Schülerinnen und Schülern zur Fähigkeit verhelfen, sich ihr Leben lang aktiv neues Wissen und neue Kompetenzen anzueignen.“ (Piko-Brief 11, Bell, 2010: 5) Mit dieser Aussage tätigt Bell auch eine Argumentation dafür, warum über die Natur der Naturwissenschaften gelehrt werden sollte. Um die Mitglieder der Gesellschaft in technischen, wissenschaftlichen Bereichen ausreichend zu bilden und ihnen die Möglichkeit zu geben, hilfreiche Systeme zu entwickeln, bedarf es eines Physikunterrichts, der zukunftsorientierte Anstöße bietet.

### 3.2. Lehrplan

Als Einleitung in den Lehrplan der AHS steht folgendes geschrieben:

„Der Physikunterricht hat zum allgemeinen Bildungsauftrag der Schule, insbesondere der Befähigung zum selbstständigen Wissenserwerb, dem verantwortungsbewussten Umgang mit der Umwelt und der verantwortlichen, rationalen Mitwirkung an gesellschaftlichen Entscheidungen fachspezifisch beizutragen und damit in besonderer Weise den Erwerb von Schlüsselqualifikationen und dynamischen Fähigkeiten zu fördern.“

Das Lehren von Natur der Naturwissenschaften fördert genau das Entwickeln dieser Fähigkeiten. Außerdem entspricht die NdN genau dem Argument im Lehrplan, Wissenschaft als teilweise vorübergehend anzusehen und sich deswegen aktiv mit ihrer Weiterentwicklung auseinanderzusetzen. Claus Bolte schreibt, dass eine immer wiederkehrende Auseinandersetzung mit Natur und Naturwissenschaften nötig ist um die Motivation und das „Potenzial dieser Bildungsanreize“ auch aktiv zu unterstützen (vgl. Bolte, 2003:44).

Dies wird im folgenden Punkt laut Lehrplan von Lehrenden gefordert:

„Die Schülerinnen und Schüler sollen eine rationale Weltsicht erwerben, aktiv die spezifische Arbeitsweise der Physik und ihre Bedeutung als Grundlagenwissenschaft erkennen und damit beurteilen lernen, welche Beiträge zu persönlichen und gesellschaftlichen Entscheidungen physikalische Methoden liefern können. Weiters sollen sie die Bedeutung physikalischer Phänomene und Konzepte im Alltag und in der Umwelt und für die Welterkenntnis erfassen und für ihre Lebensgestaltung nutzen. Dadurch sollen die SchülerInnen Einblicke in die Vorläufigkeit von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen erhalten und die

Bedeutung neuer Sichtweisen bei anstehenden Problemen (Paradigmenwechsel) sowie die Physik als schöpferische Leistung der Menschheit und damit als Kulturgut erkennen. “

Da nun laut Lehrplan der Physikunterricht einen wichtigen Beitrag zur Berufsorientierung zu leisten hat ist es von höchstem Interesse, die SchülerInnen auch damit vertraut zu machen, was es bedeutet, Physik als WissenschaftlerIn zu betreiben. Genau das versucht Unterricht, der die Aspekte der Natur der Naturwissenschaften einbringt und präsentiert.

Auch Bolte meint, „[d]iese Aufgabe fällt auch deshalb dem Fachunterricht zu, weil es allein schulorganisatorisch nicht möglich ist, authentisches naturwissenschaftliches Lernen wiederholt in außerschulische Einrichtungen zu verlagern“ (Bolte, 2003:44).

Im Lehrplan der AHS wird die Elektrizitätslehre als Lehrstoff für die 5. und 6. Klasse aufgelistet. Da sich das im empirischen Teil dieser Arbeit befindliche Material hauptsächlich auf den NdN-Charakter des Physikunterrichts konzentriert, habe ich dafür einen geschichtlichen Kontext zur Elektrizitätslehre gewählt und in Tagebuchform verpackt.

### 3.3. Bildungsstandards

Das Bundesinstitut 'Zentrum für Innovation und Qualitätsentwicklung' in Wien hat 2011 das Kompetenzmodell Naturwissenschaften für die 8. Schulstufe veröffentlicht. In diesem Modell sind für die Fächer Biologie, Chemie und Physik alle notwendigen Inhaltsdimensionen angeführt, genau so wie für alle drei Fächer gleich gültige Anforderungsniveaus und Handlungskompetenzen. Alle diese Kompetenzen enthalten zum Teil auf die Natur der Naturwissenschaften anwendbare Aspekte, die jeweils ein der NdN ähnliches Entwicklungsschema des in Naturwissenschaften gebildeten Menschen fordern. In der Handlungsdimension befinden sich konkrete Angaben dazu, was ein in Physik, Biologie oder Chemie ausgebildeter Mensch können sollte.

Die Handlungsdimensionen beschreiben drei unterschiedliche Bereiche die jeweils wieder in Unterkategorien unterteilt werden, und zwar

#### A. Wissen organisieren: Aneignen, Darstellen und Kommunizieren

Für SchülerInnen sind Vorgänge und Phänomene in der Natur, Umwelt und Technik beschreiben und benennen, in verschiedenen Formen darstellen, erklären und adressatengerecht kommunizieren, deren Auswirkungen auf die Umwelt und Lebenswelt

erfassen und beschreiben, und aus unterschiedlichen Medien und Quellen fachspezifische Informationen entnehmen Grundvoraussetzung (vgl. Kompetenzmodell 8.Schulstufe, 2011:2)

Wissen organisieren und Daten aneignen sind ein wichtiger Schritt im naturwissenschaftlichen Arbeiten. Wenn dieser Vorgang nicht ausreichend erarbeitet wird gibt es nicht genügend Grundlagen, um Naturwissenschaften zu betreiben. In der Natur der Naturwissenschaften ist es besonders wichtig, sich einen Überblick über die naturwissenschaftlichen Sachverhalte zu verschaffen. In Kapitel 2.1.2. wurde genauer auf die naturwissenschaftliche Methode eingegangen und bereits geklärt, dass ein wichtiger Schritt das Sammeln von Informationen ist. Mit dem von mir entwickelten Material sollen sich die SchülerInnen ein Bild davon machen, wann es für eine/n WissenschaftlerIn Zeit ist, mit Daten und Beobachtungen zu hantieren.

#### B. Erkenntnisse gewinnen: Fragen, Untersuchen, Interpretieren

SchülerInnen sollen zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben, Fragen stellen und Vermutungen aufstellen, zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren und Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren und interpretieren (vgl. Kompetenzmodell 8.Schulstufe, 2011:2). In diesem Punkt wird besonderer Fokus auf das eigenständige Experimentieren und Bestätigen von Hypothesen gelegt. Laut Mikelskis-Seifert und Duit wird eine Hypothesenrevision bei SchülerInnen kaum beobachtet, da meistens nur Daten wahrgenommen werden, die eine Anfangshypothese bestätigen (vgl. Piko-Brief 6, Duit/Mikelskis-Seifert, 2010:4). Durch die Diskussion im Rahmen der zwei zu reihenden Geschichten (in Kapitel 4) können genau diese Aspekte näher behandelt werden. Die Frage 'Was machen WissenschaftlerInnen mit ihren Ergebnissen?' ist zum Beispiel eine Möglichkeit, auf diesen Punkt einzugehen.

#### C. Schlüsse ziehen: Bewerten, Entscheiden, Handeln

Es soll gelingen, einzeln oder im Team Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht zu bewerten und Schlüsse daraus zu ziehen; Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für einen persönlich und für die Gesellschaft erkennen, um verantwortungsbewusst zu handeln; die Bedeutung von Naturwissenschaft und Technik für



verschiedene Berufsfelder erfassen, um diese Kenntnis bei der Wahl des weiteren Bildungsweges zu verwenden und fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren und naturwissenschaftliche von nicht-naturwissenschaftlichen Argumentationen und Fragestellungen unterscheiden (vgl. Kompetenzmodell 8.Schulstufe, 2011:2). Durch Einblicke in die Natur der Naturwissenschaften wird bereits in der Schule gezeigt, was es bedeutet, in den Naturwissenschaften hauptberuflich zu arbeiten, sich damit tagtäglich auseinanderzusetzen und naturwissenschaftlich zu handeln. Bereits in Kapitel 3 wurde betont, wie viel der Unterricht von und mit NdN zum weiteren Verlauf des Lebens einer/s Schülerin/s beitragen kann. SchülerInnen können sich dadurch bereits sehr früh ein Bild davon machen, was es heißt, Physik nicht nur in der Schule sondern auch im wissenschaftlichen Kontext zu leben. Außerdem bietet das von mir entwickelte Material Einblicke in das alltägliche Forschen von WissenschaftlerInnen. Durch Tagebucheinträge wird den SchülerInnen eine gewisse Nähe zu ihrem eigenen Leben vermittelt.

Als drittes und letztes Anforderungsniveau setzt das Kompetenzmodell voraus, sich in komplexer Fachsprache weitgehend selbstständig mit naturwissenschaftlichen Konzepten auseinandersetzen zu können und Verbindungen zwischen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und Sachverhalten aus Natur, Umwelt und Technik herzustellen (vgl. Kompetenzmodell 8.Schulstufe, 2011:3). Es wird sozusagen gefordert, sich bereits als fähiges Mitglied der 'scientific community' zu verhalten und sich mit naturwissenschaftlichen Inhalten der Naturwissenschaften gerecht auseinanderzusetzen.

Die Inhaltsdimensionen für Biologie, Chemie und Physik werden als Schema in Abb. 2 zusammengefasst.

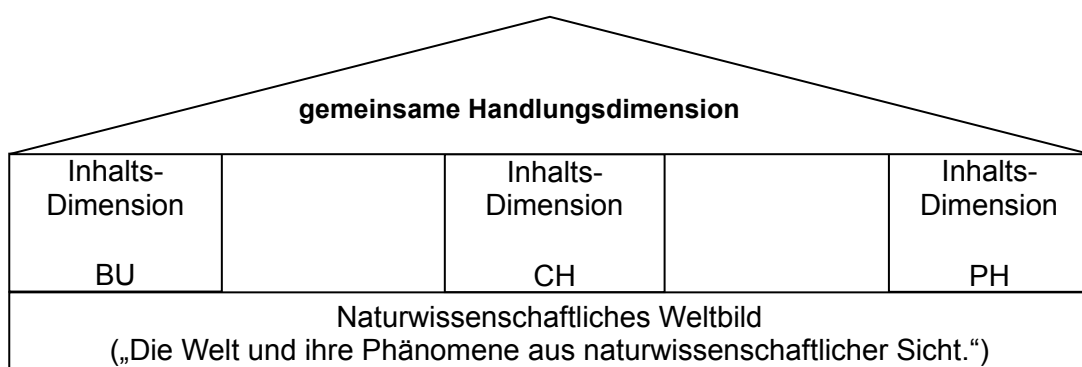


Abb. 2: Dimensionen für die Fächer Biologie, Chemie und Physik; bifie: 2015 [2007]

Da besonders im amerikanischen Raum die 'nature of science' erforscht wird und im amerikanischen Schulsystem immer mehr an Bedeutung gewinnt, wird ein kurzer Überblick über die amerikanischen Bildungsstandards gegeben.

Als Quelle dient die 'American Association for the Advancement of Science [AAAS]' und die auf der Plattform befindlichen weiterführenden Artikel.

Im Projekt 2061, 'Science for All Americans', wird auf die Bedeutung einer fundierten wissenschaftlichen Grundausbildung hingewiesen: „Education has no higher purpose than preparing people to lead personally fulfilling and responsible lives. For its part, science education [...] should help students to develop the understandings and habits of mind they need to become compassionate human beings able to think for themselves and to face life head on“ (<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/intro.htm>).

In Folge dieses Projekts wurde die 'science literacy' als wichtiger Bestandteil der amerikanischen Bildung angesehen und das Ziel ein Grundwissen darüber zu vermitteln wird immer mehr verfolgt. In der 'National Academy Press' wurden 1995 die amerikanischen Bildungsstandards und die 'scientific literacy' als Bildungsziel für alle SchülerInnen definiert, da es von der Bewältigung des Alltags nicht mehr wegzudenken ist: „Scientific literacy is the knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decisionmaking, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity“ (National Science Education Standards, 1995:22).

Die Entwicklung von Bildungsstandards erfolgt meistens nach größeren Studien, wodurch Länder in internationalen Vergleich gerückt werden. Zum Beispiel wurden die amerikanischen Bildungsstandards bezüglich der naturwissenschaftlichen Grundausbildung erst entwickelt, als sich durch internationale Studien herausgestellt hatte, dass viele SchülerInnen/StudentInnen große Schwierigkeiten in Bereichen wie Problemlösung oder mathematischer Wissenschaft aufwiesen (vgl. Science for All Americans, <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/intro.htm>). Genauso wurde in Österreich nach Studien wie TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), PISA (Programme for International Student Assessment) oder TALIS (Teaching and Learning International Survey) spezieller Fokus auf die einzelnen Fächer der Naturwissenschaften und das Bildungsziel österreichischer Schulen gelegt (vgl. bifie, <https://www.bifie.at/downloads?projekt%5B%5D=54>). In diesen Studien werden Mängel der Länder aufgezeigt, wodurch mit mehr Nachdruck auf die Entwicklung einzelner Bereiche eingegangen wird. In Österreich wurde 2011 das Kompetenzmodell der Naturwissenschaften entwickelt, um LehrerInnen der Naturwissenschaften genügend Anhaltspunkte zu geben.

#### 4. Empirische Studie

Für den empirischen Teil der Arbeit habe ich Unterrichtsmaterialien entwickelt, die sich speziell dem Aspekt des naturwissenschaftlichen Arbeitens aus dem Bereich der Natur der Naturwissenschaften widmen. Wie nun ausführlich im ersten Teil der Arbeit beschrieben wurde, ist das Unterrichten von NdN eine geeignete Herangehensweise, um naturwissenschaftliches Verständnis zu vermitteln. Sehr wenig wird allerdings von LehrerInnen tatsächlich auf die Natur des naturwissenschaftlichen Arbeitens eingegangen, da es schwierig sein kann, im Schulalltag authentische Inhalte zu präsentieren (siehe Kapitel 3). Mit den entwickelten Materialien wird ein Lehr- und Lernumfeld erzeugt, in dem sich SchülerInnen mit naturwissenschaftlichem Arbeiten auseinandersetzen und sich in Gesprächen untereinander bewusst machen können, dass es die eine und einzige Methode nicht gibt. Die SchülerInnen ordnen im Zuge der Übung einzelne Teile einer Geschichte und bilden eine Reihenfolge, wie die Forscher Volta und Faraday beim Forschen vorgegangen sein könnten. Dabei werden Elemente wie „Mathematik“, „Experimentieren“, „Ergebnisse analysieren“ von den SchülerInnen innerhalb der Textabschnitte geordnet und miteinander verglichen. Um darauf aufmerksam zu machen, dass sich durch das Sortieren unterschiedliche Meinungen über das naturwissenschaftliche Arbeiten bilden, wird den SchülerInnen der Auftrag erteilt, sich gegenseitig von der eigenen Reihenfolge zu überzeugen, um ein Gespräch in Gang zu bringen. Somit kann eine Diskussion darüber entstehen, warum ein Forscher welchen Schritt zu einem bestimmten Zeitpunkt durchläuft und es werden unterschiedliche Meinungen und Vorstellungen miteinander konfrontiert.

##### 4.1. Forschungshypothese

Um auf meine Forschungshypothese hinzuleiten möchte ich folgende Frage in den Raum stellen: Warum sollte man Physik den SchülerInnen verständlicher machen, wenn es doch möglich ist, in der Physik zu arbeiten, ohne sie tatsächlich verstanden zu haben?

„Es ist völlig ausreichend, Physik in systematischer Abfolge zu erlernen, um Physik treiben zu können. Das zeigen schließlich Generationen von i.d.R. männlichen Physikstudierenden, die einen solchen Ausbildungsgang genossen haben, und dennoch in die Lage versetzt wurden, die erlernte Physik erfolgreich anwenden zu können oder sogar neue physikalische Erkenntnisse zu produzieren“ (Höttecke, 2001:135).

Genau an diesem Punkt setzt mein Konzept an und versucht es zu erweitern. LehrerInnen

sollten ihren Unterricht nicht zwingend darauf auslegen, SchülerInnen nur zum Arbeiten im Bereich der Physik zu animieren, sondern allgemein Interesse zu schaffen, ein Verständnis zu erzeugen. Dies finden wir auch im aktuellen Lehrplan. Anstatt physikalische Inhalte nur auswendig zu lernen, ist es wichtig, es auch verstehen zu lernen, um als Mensch in unserer komplexen Welt mitbestimmen zu können (vgl. Höttecke, 2001:135/136).

Folgende Aussagen werden mit Hilfe des entwickelten Materials untersucht:

SchülerInnen kann ein besseres Verständnis von der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise im Rahmen der NdN vermittelt werden, indem ein daran orientierter Unterricht und speziell dazu entwickelte Geschichten sie dazu anleiten, selbsttätig und in Gruppen die naturwissenschaftliche Methode zu erarbeiten. Dabei sollen sie gemeinsam Arbeitsschritte festlegen. Außerdem sollen sie Aussagen wie: 'Gibt es die eine naturwissenschaftliche Methode', 'Wann wird die Mathematik zu Rate gezogen', 'Hängt naturwissenschaftliche Forschung vom Zufall ab oder nicht' und 'Ist naturwissenschaftliches Forschen historisch bedingt' besprechen. Anhand der eigenständigen Reihung der Arbeitsschritte und der anschließenden Diskussionen, die durch zusätzliche Aktivitäten angeregt werden, soll Erkenntnis gewonnen werden, dass es mehrere Herangehensweisen gibt, um physikalische Probleme zu lösen. Darüber, welche Faktoren beim naturwissenschaftlichen Arbeiten (Mathematik, Zufall, verschiedene Epochen, ...) eine Rolle spielen können soll im Rahmen der Geschichten auch gesprochen werden.

Durch Reflexion der erarbeiteten Reihenfolgen können Vergleiche angestellt werden zwischen wissenschaftlichem Arbeiten von ForscherInnen und dem Prozess beim Forschen in der Schule. Ob eine Aktivierung einer eigenständigen Auseinandersetzung gelingt wird durch Interviews, die an der Methode der Akzeptanzbefragung orientiert sind, (siehe Kapitel 4.2.1.) festgestellt.

#### 4.1.1. Mythos entkräften

Die von McComas zusammengetragenen Mythen über Naturwissenschaften enthalten auch Fehlvorstellungen zum wissenschaftlichen Arbeiten. Einer dieser Mythen besagt z.B., dass es eine einzig wahre Methode gibt, die immer in der selben Reihenfolge abgearbeitet wird. Durch die einzelnen zu reihenden Abschnitte aus Tagebucheinträgen von Wissenschaftlern soll genau dies widerlegt werden. Je mehr sich SchülerInnen gegenseitig zu überzeugen versuchen gewinnen sie auch neue Blickwinkel auf naturwissenschaftliche Vorgehensweisen.

#### 4.1.2. Unterrichtsmaterial

Die zwei von mir erfundenen Geschichten beinhalten mögliche Tagebucheinträge von

Alessandro Volta und Michael Faraday. Ich habe zwei Forscher gewählt, die zu ähnlichen Zeiten geforscht haben, um den SchülerInnen den Vergleich der zwei Geschichten zu erleichtern. Ich vermute, je öfter SchülerInnen mit solchen Geschichten in Kontakt kommen, desto leichter fällt es ihnen, sich auch mit den Forschungen unterschiedlicher WissenschaftlerInnen aus verschiedenen Epochen zu beschäftigen. Die Geschichten wurden von mir unabhängig des Wissensstands der SchülerInnen zur wissenschaftlichen Methode, oder davon wie viel sie sich bereits damit auseinandergesetzt haben, entwickelt.

#### 4.1.2.1. Geschichte Nr. 1: Volta

##### Die Erfindung der besten Stromquelle – ever

##### Batterie von Volta

*Im 18. Jahrhundert wurde der Wunsch danach, sich mehr mit elektrischen Phänomenen zu beschäftigen, immer größer. Viele WissenschaftlerInnen befassten sich damit, endlich neue Errungenschaften zu präsentieren und ihr Genie unter Beweis zu stellen. So gelang es auch Alessandro Volta im Jahr 1800 den Vorläufer unserer heutigen Batterien zu erfinden. Das sind mögliche Tagebuchauszüge.*

**Arbeitsauftrag: Sortiere die Ausschnitte der Tagebucheinträge und überzeuge dein Gegenüber von deiner Reihenfolge.**

„

(1) Ich probierte vor einigen Tagen mit Kupfer und Eisen ein ähnliches Ergebnis wie Luigi mit seinen Froschschenkeln zu bekommen, habe auch die Mengenangaben beachtet und mir immer wieder die bereits existierenden Aufzeichnungen angesehen. Es hat aber einfach nicht funktioniert. Ich probierte es immer und immer wieder, aber bis ich es tatsächlich geschafft hatte dauerte es noch eine Weile.

(2) Vorgestern habe ich mein Salzwasser, das ich zum Nase spülen benutze, über die Apparatur geschüttet und wow ... es hat sich was Neues ergeben. Eine Glühbirne an zwei Drähten lag noch von einem anderen Experiment am Tisch, die Enden der Drähte befanden sich im Salzwasser und die Glühbirne blitze auf! Was war da wohl passiert? Ich habe den Versuch mehrmals wiederholt, immer wieder mit Kupfer- und Eisenplättchen, damit ich mir mehr Klarheit darüber verschaffen konnte. Später suchte ich in der Literatur eine Erklärung.

(3) Ich habe immer wieder verschiedene Vorrichtungen gebaut, sogar unterschiedliche

Materialien benutzt, zum Beispiel das Eisenplättchen durch Zink ersetzt und bin nun stolzer Erfinder der ersten Batterie. Ich kann es kaum glauben, wie es dazu gekommen ist. Meine Versuche ergeben eine Stromquelle! Wer hätte das gedacht?

(4) Nach langen Überlegungen, wie der Versuch von Galvani sich unterscheidet zu den bisherigen Forschungen, habe ich eine Idee gehabt. Ich wollte mit einer Glühbirne und unterschiedlichen Materialien erreichen, was er mit seinen Versuchen mit den Fröschen schon lange geschafft hatte. Die Glühbirne sollte leuchten. Aber wie?

(5) Mein Freund Luigi Galvani hat mir empfohlen, die vor kurzem gemachten Entdeckungen und meine Ergebnisse dazu der wissenschaftlichen Gemeinschaft zu übermitteln. Ich werde alles was ich gemacht habe ausreichend belegen und bestätigen, aber das dürfte durch das Vorführen des Experiments kein Problem sein. Wie ich mich darauf freue.

„

Beim zweiten Durchgang wurde der der Abschnitt (5) verändert:

(5) Mein Freund Luigi Galvani hat meine Berechnungen überflogen und wird sie für seine Experimente anwenden. Es ist ein gutes Gefühl, wenn die mathematischen Berechnungen auch von meinen Freunden und Konkurrenten akzeptiert werden. Meine Annahme hat sich bewährt:  $U = R \cdot I$  und somit kann man aus der Spannung auch den Strom berechnen.

#### 4.1.2.2. Geschichte Nr. 2: Faraday

Wie man Seefahrer in die Irre führt – oder der falsche Kompass

Induktion von Faraday

*Im Jahr 1831 konnte Michael Faraday die Induktion feststellen. Er wickelte um einen Ringmagneten auf beiden Seiten jeweils einen Draht. Der eine Draht war mit einer Batterie verbunden und einem Schalter, sodass er den Stromkreis öffnen und schließen konnte. Der andere Draht war um einen Kompass gewickelt. Durch öffnen und schließen des Stromkreises bemerkte er, dass sich die Magnetnadel bewegte.*

*Wie könnten die Tage, in denen Faraday die Induktion entdeckte, ausgesehen haben?*

**Arbeitsauftrag: Sortiere die Ausschnitte der Tagebucheinträge und überzeuge dein Gegenüber von deiner Reihenfolge.**

„

(1) Tagebucheintrag: Ich bin schon wieder soweit. Ich kann meine Augen kaum mehr aufhalten und bin schon kurz vorm Aufgeben. Die Geschichte von einem meiner Handlanger geht mir nicht mehr aus dem Kopf. Er hatte Schriften entdeckt, derer zufolge es möglich sein sollte, einen Kompass mithilfe einer einfachen Batterie zu manipulieren.

(2) Tagebucheintrag: Nach fünf Jahren Pause und fünfzehn erfolglosen Versuchen nehme ich mir noch einmal die Schriften über Batterien und einen Kompass her, um genau herauszufinden, wo mein Fehler liegt. Zunächst möchte ich einen einfachen Stromkreis erstellen, und vielleicht mein Drahtmaterial austauschen. Ich muss meine Fehler finden und ausbessern. Vielleicht funktioniert es dann.

(3) Tagebucheintrag: Tatsächlich kann ich eine Magnetnadel zum Drehen bringen, indem ich einen Stromkreis in ihrer Nähe schließe und öffne, wobei sich der eine Draht um einen Stabmagneten wickelt, der wiederum mit einem extra Stromkreis verbunden ist. Zumindest mit der vorhandenen Literatur sollte es nachstellbar sein. Trotzdem muss ich daran noch kleine Umformulierungen vornehmen, da die allgemeinen Formeln nicht ganz korrekt sind. Vielleicht gelingt mir dann das gleiche Ergebnis wie in den Schriften.

(4) Tagebucheintrag: Meine Berechnungen lassen mich nicht in Ruhe. Ich kann nicht schlafen. Mit der Mathematik lassen sich die Versuche vorerst nicht vereinbaren. Vielleicht gibt mir eine Skizze des Versuchs mehr Klarheit und ich kann einen anderen mathematischen Ansatz verwenden.

(5) Tagebucheintrag: Mit meinen Entdeckungen zur Induktion werde ich die Welt revolutionieren. Ich muss mich vorbereiten, alles ganz genau dokumentieren, und dann einen Bericht über all meine Schritte und die Ergebnisse der wissenschaftlichen Gemeinschaft schicken. Wenn sie meine Ideen akzeptieren werden sie mich hoffentlich mit finanziellen Mitteln unterstützen, um die Versuche durchzuführen.

„

Bei dieser Geschichte habe ich den Beitrag Nr. 4 wie folgt verändert:

(4) Tagebucheintrag: Meine Berechnungen, ob die elektrische Ladung  $Q$  nun von der Zahl  $z$  der übertragenen Elektronen pro Teilchen abhängt, lassen mich nicht in Ruhe. Wie geht die molare Masse  $M$  ein? Was stimmt an  $Q = (m \cdot z) / M$  nicht? Irgendetwas fehlt. Ich kann nicht

schlafen. Mit der Mathematik lassen sich die Versuche vorerst nicht vereinbaren.

Da es ein paar Hinweise gegeben hat, dass die Abschnitte aufgrund ihrer sprachlichen Zusammensetzung eine bestimmte Reihenfolge wünschen, habe ich sie noch ein wenig textlich modifiziert. Diese Version wurde nicht mehr in den Interviews getestet sondern nur von SchülerInnen auf die sprachliche Zusammenstellung hin gelesen.

Die Wörter, die ich aus dem Text rausgenommen habe, sind *kursiv*, die neu hinzugefügten Wörter sind **fett**.

#### Veränderung bei Faraday

##### Abschnitt 2

... Ich muss meine *Fehler finden und ausbessern*/**mathematischen Berechnungen verfeinern**. Vielleicht funktioniert es dann...

##### Abschnitt 3

*Trotzdem muss ich daran noch kleine Umformulierungen vornehmen, da die allgemeinen Formeln nicht ganz korrekt sind. ...*

*Vielleicht **Dann** gelingt mir dann das gleiche Ergebnis wie in den Schriften.*

##### Abschnitt 4

Tagebucheintrag: Meine Berechnungen, ob die elektrische Ladung  $Q$  nun von der Zahl  $z$  der übertragenen Elektronen pro Teilchen abhängt, *und wie die molare Masse eingeht*, lassen mich nicht in Ruhe. **Wie geht die molare Masse  $M$  ein?** *Was stimmt mit meiner Formel nicht?* Irgendetwas fehlt. *Was stimmt denn nicht an  $Q = (m \cdot z)/M$ ? ...*

##### Abschnitt 5

Mit meinen Entdeckungen zur Induktion werde ich die Welt revolutionieren, **alle werden es sehen...**

Wenn sie meine Ideen akzeptieren werden sie mich hoffentlich mit finanziellen Mitteln unterstützen, um die Versuche *durchzuführen* **durchführen zu können**.

#### Veränderungen bei Volta:

##### Abschnitt 1

**Tagebucheintrag:** Ich probierte **nämlich** ...



## Abschnitt 2

### **Tagebucheintrag: Zu diesen Erkenntnissen kam ich dann so: ...**

Ich habe den Versuch mehrmals wiederholt, *immer wieder mit Kupfer- und Eisenplättchen*, damit ich mir mehr Klarheit darüber verschaffen konnte...

## Abschnitt 4

Tagebucheintrag: Nach **weiteren** *langen* Überlegungen,...

Die Glühbirne sollte leuchten. *Aber wie?*

## Abschnitt 5

Tagebucheintrag: Mein Freund Luigi Galvani hat meine Berechnungen überflogen und wird sie für seine Experimente anwenden. *Es ist ein gutes Gefühl, wenn die mathematischen Berechnungen auch von meinen Freunden und Konkurrenten akzeptiert werden. ...*

Die druckfertigen Versionen sind in Anhang A und Anhang B zu finden.

Um bei SchülerInnen das Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften durch im Unterricht angewandte Methoden auch zu verstärken wird auf das theoretische Konzept von Höttecke zurückgegriffen. In seinem Werk „die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen“ konzentriert er sich zwar auf den geschichtlichen Aspekt der Naturwissenschaften, gibt jedoch auch Anhaltspunkte für einen Unterricht mit anderem Fokus. So schreibt er zum Beispiel, dass es wichtig ist, Naturwissenschaften im Unterricht zu simulieren, um ein besseres Verständnis der NdN zu entwickeln. Es besteht für SchülerInnen die Möglichkeit, nach dem „Vorbild naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen selbsttätig zu forschen“ (Höttecke, 2001:118). Das heißt, durch eigenes Experimentieren oder durch das Erfahren des Experimentiervorganges können SchülerInnen leichter ihre eigenen Arbeitsweisen mit denen von NaturwissenschaftlerInnen vergleichen und durch Reflexion in einen erklärenden Kontext bringen. „Im Rahmen begrenzter und dem Lern- und Entwicklungsstand der SchülerInnen angemessener kleiner Forschungsprojekte können die SchülerInnen Experimente entwerfen und durchführen. Sie stellen Hypothesen auf, werten Daten aus, diskutieren die Ergebnisse oder versuchen im Gespräch, aktiv einen Konsens über alternative Deutungen herzustellen“ (Höttecke, 2001:118). Die auf die wissenschaftliche Methode konzentrierten Materialien in dieser Arbeit gehen zum Teil auf diese Aussage

zurück, da sich die SchülerInnen miteinander durch Diskussionen mit naturwissenschaftlichem Forschen auseinandersetzen. Die SchülerInnen entwickeln diese Experimente in dem geschichtlichen Teil des Unterrichtsmaterials zwar nicht selbst, jedoch sollen die Schritte des Erforschens selbsttätig gereiht werden. SchülerInnen sollen sich selbst darüber Gedanken machen, wie die Physiker Alessandro Volta und Michael Faraday zu ihren Ergebnissen gekommen sind, welche Schritte zuerst durchgeführt wurden und welche im Zuge ihrer Entdeckung zu einem Abschluss führten. Außerdem soll bei dieser Aktivität auch darüber diskutiert werden, welche Reihenfolge für diese speziellen Fälle am sinnvollsten erscheint. Die SchülerInnen benötigen zum Reihung der einzelnen Abschnitte unterschiedlich viel Zeit, manche SchülerInnen lesen schneller, andere suchen sehr genau nach Hinweisen in den Abschnitten, die eine Reihung erklären könnte. Daher sollte ein gewisser Zeitrahmen vorgegeben werden. Dieses Konzept orientiert sich am vierphasigen Modell von Höttecke, das in Kapitel 2.2. bereits angeführt wurde. Die durch das Material angeregte Aktivität ist in drei Schritte unterteilt. Zuerst sollen die SchülerInnen selbst ein Modell entwickeln, das dem Arbeitsvorgang des Wissenschaftlers entspricht. Dann sollen sie sich gemeinsam auf eine der selbst aufgestellten Reihenfolgen der Arbeitsschritte einigen. Im letzten Schritt des Unterrichts soll dann über die unterschiedlichen Möglichkeiten diskutiert und mit Berücksichtigung der NdN auch auf die unterschiedlichen Vorgehensweisen von WissenschaftlerInnen eingegangen werden.

Höttecke fügt noch hinzu, dass sich die/der LehrerIn so weit wie möglich aus diesem Prozess des 'Erforschens' herausnehmen soll (vgl. Höttecke, 2001:118).

Wie sehr die SchülerInnen selbsttätig mit der Reihung der Zettel umgehen wurde im Interview getestet (siehe Kapitel 4.2.). Sie sollten sich gegenseitig von der eigenen Reihung überzeugen. Im Unterricht kann es genau so gehandhabt werden. Besonders schnell gelingt eine Übung dieser Art, wenn die SchülerInnen eine geregelte Diskussionskultur bereits kennen.

Um nun den SchülerInnen naturwissenschaftliches Forschen näher zu bringen ist es also nötig, dieses selbst im Unterricht zu simulieren. Es handelt sich dabei deswegen 'nur' um eine Simulation, weil im Unterricht hauptsächlich Konzepte erarbeitet werden, „die in der 'scientific community' bereits anerkannt sind [und] [...] weil die Praxen der SchülerInnen eng an die Forschungspraxen 'echter' WissenschaftlerInnen“ (Höttecke, 2001:119) herankommen sollen.

Das selbstständige Arbeiten der SchülerInnen soll im Vordergrund stehen. Darum sind die Aktivitäten im entwickelten Material auch so konzipiert, dass im Erarbeiten wenig von der

Lehrperson interagiert werden muss. Am Anfang sollen einzelnen Schritte erklärt werden, dann wird ein zeitlicher Rahmen angegeben, der den SchülerInnen immer wieder ins Gedächtnis gerufen wird, und am Ende kommt es zu einem Ideen- und Gedankensammeln in der Klasse, um als Gruppe zu mehr Erkenntnis zu kommen. „Anhand vorgegebener Problemstellungen können die SchülerInnen die Methoden, die zur Anwendung kommen sollen, die einzelnen Arbeitsschritte und Lösungsversuche eigenständig entwickeln. Allerdings besteht auch in einem solchen Unterricht Gefahr eines verkürzten und induktivistischen Naturwissenschaftsverständnisses“ (Höttecke, 2001:119). Höttecke bezieht sich mit diesem Gedanken zwar auf ein tatsächliches Experimentieren der SchülerInnen, wodurch das eigenständige Entwickeln der Arbeitsschritte und Methoden auch zum Tragen kommt, jedoch ist es auch möglich, diesen Gedanken auf die rein textgebundene Situation anzuwenden. SchülerInnen sollen die Arbeitsschritte nicht komplett selbst entwickeln, aber sie können die Reihenfolge so festlegen, wie sie es für richtig erachten. Dabei können sie dann später ihre Wahl argumentieren und sollen sich auch überlegen, warum ein solcher Schritt an welcher Stelle sinnvoll erscheint. Weiters machen sie sich im Zuge dessen auch Gedanken darüber, warum jeweils beide Wissenschaftler zu welchem Zeitpunkt was gemacht haben und können im Gruppengespräch ihren Erfahrungshorizont erweitern. Die Gefahr, die Höttecke dem selbsttätigen Experimentieren zuschreibt, dass sich dadurch ein verkürztes Naturwissenschaftsverständnis entwickeln kann, soll auch bei dieser Aktivität berücksichtigt und thematisiert werden. Laut Höttecke erreicht das alleinige erfüllen der Prozesslernziele noch lange nicht, dass SchülerInnen tatsächlich anerkannte naturwissenschaftliche Konzepte, Modelle, Theorien und Deutungen von Experimenten erarbeiten können (vgl. Höttecke, 2001:121). Um ein Verständnis für Naturwissenschaften zu erzeugen reichen nicht einige wenige Aktivitäten. Es handelt sich um einen Prozess, der den SchülerInnen durch Reflexion und Wiederholungen Stück für Stück zugänglich gemacht wird. Dieser Prozess geht aktiv in die Unterrichtsgestaltung mit ein.

Der kurze Einführungstext als Anregung für die SchülerInnen wurde deswegen gewählt, da so die geschichtliche Komponente der Naturwissenschaften auch berücksichtigt wird. Vorstellungen der SchülerInnen zu einzelnen Begriffen wie Stromquelle, Glühbirne oder Magnetismus (vgl. Wiesner et al., 2015:25) machen deutlich, dass eine Auseinandersetzung mit deren Entwicklung durchaus sinnvoll ist, da bei vielen SchülerInnen Fehlvorstellungen dazu existieren.

Woher diese Vorstellungen kommen und wie man von diesen zu einem wissenschaftlichen Weltbild übergeht unterstützt ein historisch begleiteter Physikunterricht (vgl. Höttecke,

2001:187). Daher sieht Höttecke im Gebrauch von geschichtlichen Entwicklungen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine Möglichkeit, SchülerInnen von der Bedeutung von Physik für die Gesellschaft zu überzeugen (vgl. Höttecke, 2001:179). Und deswegen habe auch ich für diese Tagebucheinträge geschichtliche Beispiele gewählt.

#### 4.2. Empirische Befragung – die Akzeptanzbefragung

Die empirische Erprobung der entwickelten Materialien ist an der Methode der Akzeptanzbefragung orientiert, jedoch modifiziert. Sowohl Blumör im Bereich der elementaren Optik als auch Wiesner/Wodzinski haben das Konzept der Akzeptanzbefragung in einem bestimmten Schema durchgeführt und erklärt. Blumör geht für die Befragung zum Thema „Sehen und Licht“, „Licht und Farbe“ aber auch zum Thema „Spiegelbild“ nach einem 6-Schritte Schema vor (vgl. Blumör, 1993:105/142).

##### 1. Schritt: Darstellen des physikalischen Sachverhalts

Den SchülerInnen werden einzelne Begriffe erklärt, bestimmte Zusammenhänge gezeigt und Erkenntnisse der aktuellen Forschung demonstriert. Diese Methode „sieht im Wesentlichen vor, den Schülern in Einzelsitzungen zunächst die physikalischen Begriffe und Erklärungen verständlich zu machen“ (Blumör, 1993:103)

##### 2. Schritt: Bewerten der Erklärungen

Die SchülerInnen sollen angeben, ob sie die Erklärungen schlüssig fanden, ob noch offene Fragen bestehen oder ob es wenig plausibel war.

##### 3. Schritt: In eigene Worte fassen

Nach der Bewertung der durch die Lehrkraft dargestellten Begriffe sollen die SchülerInnen das eben Erklärte in eigene Worte fassen und wiedergeben.

##### 4. Schritt: Anwendungsbeispiel

Um zu sehen, wie die SchülerInnen mit den präsentierten Inhalten umgehen, sollen sie das eben gehörte an einem Beispiel anwenden.

##### 5. Schritt: Nachfragen zu Teilkomponenten

Die/Der LehrerIn fragt vereinzelt nach und versucht herauszufinden, wie die Teilgebiete verstanden wurden.

##### 6. Schritt: neues Anwendungsbeispiel

Als Abschluss sollen die SchülerInnen das in den vorigen Schritten Besprochene noch einmal an einem konkreten Beispiel anwenden. Somit wird überprüft, ob durch die mehrmalige Auseinandersetzung mit der Thematik und dem intensiven Hinterfragen ein

besseres Verständnis geschafft werden kann.

Durch diese Methode sollen individuelle Lernprozesse beobachtet werden und das Lern-/Lehrmaterial verändert bzw. angepasst werden (vgl. Blumör, 1993:104).

Mein Vorgehen: Die von mir durchgeführte Befragung hält sich zum Großteil an dieses Schema, jedoch wurden kleine Veränderungen unternommen. In diesem Fall werden nicht die Erklärungen der Lehrperson auf ihre Akzeptanz oder auf ihren Widerstand getestet, sondern bestimmtes Material. Die SchülerInnen sollen sofort nach der Erklärung die Tagebucheinträge ordnen und darauffolgend die Reihenfolge der Geschichtsabschnitte in eigenen Worten wiedergeben. Danach wird genauer nachgefragt, warum sie ihre Reihenfolge gewählt haben. Sie sollen sich gegenseitig davon überzeugen, dass ihre Reihenfolge die Richtige ist. Zu zweit oder zu dritt diskutieren sie über die verschiedenen Reihenfolgen, um auf die Veränderlichkeit des wissenschaftlichen Forschens aufmerksam zu werden. Im Laufe der empirischen Forschung hat sich der Vorgang der Interviews etwas verändert. Zuerst wurde den SchülerInnen immer nur eine Geschichte ausgeteilt, sodass eine/r der zwei die Geschichte zu Faraday, die/der andere die Geschichte zu Volta ordnen sollte. Danach wurden die Geschichten getauscht. Nach einer kurzen Phase der Analyse veränderte ich die Art der Befragung. Ich teilte den SchülerInnen zuerst die gleiche Geschichte aus, diese wurde bearbeitet, und dann wurde die zweite Geschichte ausgeteilt und bearbeitet.

Meine empirische Forschung besteht sowohl aus Elementen der Akzeptanzbefragung als auch aus Interviewgesprächen, in denen die Meinung der SchülerInnen eruiert wird. Damit sich die SchülerInnen hauptsächlich auf die vor ihnen liegenden Textabschnitte konzentrieren, habe ich die Abschnitte auf unterschiedliche Farbkartons geklebt. Die Farben der Abschnitte waren bei den gleichen Geschichten unterschiedlich. So war Abschnitt 1 bei Faraday sowohl rot als auch gelb. Bei der Auswertung habe ich darauf geachtet, dass der Abschnitt nur durch eine Farbe repräsentiert wird, um die Ergebnisse besser miteinander vergleichen zu können. Ich habe jede Reihung nur anhand eines Farbschemas aufgelegt.

Nach der ersten Geschichte wurde über die Reihenfolge diskutiert und von mir Fragen zu der Anordnung gestellt. Danach wurde die zweite Geschichte ausgeteilt und gereiht. Die SchülerInnen sollten so über die verschiedenen Überlegungen zu den Abschnitten der jeweils anderen Person diskutieren. Am Ende war der Arbeitsauftrag, dass sie sich auf eine Reihung einigen und warum welche Reihenfolge gewählt wurde.

### 4.3. Ergebnisse

Die Interviews habe ich an zwei unterschiedlichen Wiener Gymnasien durchgeführt. Die ersten beiden Interviews waren mit SchülerInnen einer vierten Klasse. Die Lehrerin bezeichnet die Klasse als aufgeweckt und interessiert. Drei Schülerinnen und ein Schüler wurden jeweils zu 20 Minuten interviewt. Dabei wurden ihnen in Zweierteams die entwickelten Geschichten gezeigt und Fragen dazu gestellt. Die weiteren Interviews wurden mit SchülerInnen einer fünften und einer siebten Klasse durchgeführt, wobei ich sowohl Mädchen als auch Jungen interviewte.

Vor den Interviews erstellte ich einen Fragenkatalog, der mir Input geben könnte, falls kein Gespräch zustande kommt.

Ich stellte Fragen wie: „Warum hast du diese Reihenfolge gewählt?“ oder „Unterscheidet sich die zweite Geschichte von der ersten in der Art, wie die Forscher arbeiten und wenn ja, wo?“, aber auch Fragen, die sich mit folgenden Gedanken befassen: „Wie arbeiten WissenschaftlerInnen? Gibt es ein konkretes Muster?“ oder „Was ist, wenn die Forschungen nicht die gewünschten Ergebnisse liefern? Was macht ein/e WissenschaftlerIn dann?“.

Die SchülerInnen bekamen von mir die zwei Geschichten über Faraday und Volta als Zettelabschnitte überreicht. Diese waren auf buntfarbigem Karton aufgeklebt, wie in 4.2. erwähnt wurde.

In den folgenden Tabellen 1 und 2 sind die Farben der Abschnitte und die Ergebnisse der Befragten aufgelistet.

Volta	Abschnitt	Farbe
	1	Rosa <b>R<sub>s</sub></b>
	2	Rot <b>R</b>
	3	Gelb <b>G</b>
	4	Blau <b>B</b>
	5	Orange <b>O</b>

Faraday	Abschnitt	Farbe
	1	Rot <b>R</b>
	2	Rosa <b>R<sub>s</sub></b>
	3	Gelb <b>G</b>
	4	Orange <b>O</b>
	5	Blau <b>B</b>

Tb. 1: Farbschema der einzelnen Geschichtsabschnitte

Da speziell bestimmte Aspekte der Gespräche analysiert wurden habe ich in der Tabelle die Abschnitte dementsprechend eingefärbt.

Der Abschnitt, in dem 'Idee/Präsentation vor der wissenschaftlichen Gemeinschaft' vorkommt ist Blau, der Abschnitt mit 'Literatur zu Rate ziehen' ist Rosa und der Abschnitt mit 'Mathematische Elemente' ist Orange eingefärbt. So kann man leichter die Ergebnisse miteinander vergleichen:

Schule	SchülerIn	Klasse	V	1	2	3	4	5	F	1	2	3	4	5
GRG 21 Ödenburger - straße	S1 (w)	4. Klasse		B	Rs	R	G	O		R	B	Rs	G	O
	S2 (w)		O	B	R	Rs	G		B	O	Rs	R	G	
	S3 (w)		B	O	Rs	R	G		Rs	B	G	O	R	
	S4 (m)		Rs	O	B	G	R		Rs	G	O	B	R	

BORG Hegelgasse	S5 (m)	5. Klasse		Rs	B	R	O	G		B	Rs	R	O	G
	S6 (m)		Rs	B	R	G	O		B	R	G	Rs	O	
	S7 (w)		B	Rs	R	G	O		B	O	R	Rs	G	
	S8 (w)		G	Rs	B	R	O		B	R	Rs	G	O	
	S9 (w)		Rs	B	R	G	O		B	R	G	O	Rs	
	S10 (w)		B	Rs	R	G	O		B	O	R	Rs	G	
	S11 (m)	7. Klasse		B	Rs	R	G	O		R	B	Rs	G	O
	S12 (m)		R	B	O	Rs	G		R	B	G	Rs	O	
	S13 (w)		R	B	Rs	O	G		Rs	O	R	G	B	
	S14 (w)		B	R	Rs	O	G		R	O	Rs	G	B	

Tb. 2: Ergebnisse der Befragten; hervorgehoben: Blau, Orange, Rosa

#### 4.3.1. Darstellung der Ergebnisse zur Gesprächskultur und Reihung

Ziel des Materials war, dass die SchülerInnen anfangen, sich eigenständig über das Thema zu unterhalten. Manchen SchülerInnen fiel es schwer, sich frei zu äußern. Für diese Situationen war es hilfreich, weitere Fragen zu stellen, um sie somit ins Gespräch einzubinden.

Ich konnte beobachten, dass bei den Interviews zum Beispiel S2 viel weniger gesprochen hat als S1. Auch im Interview 4 hat sich S10 doppelt so oft gemeldet wie S9. S10 merkte es auch selber und forderte S9 sogar auf, sich mehr zu melden, diese blockte allerdings ab:

I: „also wenn ihr jetzt spontan sagen müsstet: wie glaubst du forscht jemand, der Physik studiert, in einer Forschungsgruppe, wie geht die Person da vor? Ist es möglich, da ein Konzept zu haben?“

S10: „vielleicht zuerst... magst du mal?“

S9: „nein...ich weiß es... nicht... na, mach du.... doch doch...“

Bei den restlichen Interviews war die Anzahl der Meldungen ausgeglichen, sie unterschieden

sich oft nur auf ein bis zwei Aussagen mehr. Dies sagt natürlich noch nichts über die Qualität der Meldungen aus.

Die Reihung der einzelnen Geschichtsabschnitte der SchülerInnen der verschiedenen Schulklassen war insgesamt sehr unterschiedlich. Die Reihenfolgen in den Zweiertteams ähnelten sich oft sehr, sodass bei den Interviews wenig darüber diskutiert werden konnte. Die SchülerInnen mussten ihr Gegenüber nicht von der eigenen Meinung überzeugen, da sie meist von vornherein eine übereinstimmende Reihung hatten.

Nach der Veränderung der zwei Abschnitte der beiden Geschichten konnte ich eine auffällige Beobachtung anstellen: Nachdem ich in die Abschnitte mathematische Formeln eingebaut hatte, wurden diese eher an den Schluss der Geschichte gesetzt. Zuvor befanden sich diese Abschnitte auch in der Mitte und am Anfang. Bei den ersten vier Interviews mit den SchülerInnen der 4. Klasse war der orangene Abschnitt einmal an erster, dreimal an zweiter und an dritter Stelle.

In der 5. Klasse war der orangene Abschnitt bei beiden Geschichten fast ausschließlich an letzter Stelle. Erst in der 7. Klasse wurden sie weiter nach vorne gereiht.

Auffällig war die Reihung in der Geschichte über Faraday. In der fünften Klasse wurde der blaue Abschnitt immer als Anfang gelegt. Sowohl in der 4. als auch in der 7. Klasse reiheten die SchülerInnen den blauen Abschnitt auch in die Mitte und ans Ende.

Im Gesamtbild ist zu erkennen, dass die SchülerInnen die Abschnitte generell unterschiedlich ordneten, nur in den Zweiertteams ähnlich. So haben zum Beispiel sowohl die SchülerInnen S13 und S14 bei beiden Geschichten bis auf einen Unterschied die Geschichten gleich gereiht. Auch bei S1 und S2 war die Reihung der Geschichte von Volta bis auf einen Unterschied ident.

#### 4.3.2. Aussagen zur naturwissenschaftlichen Methode:

Grundsätzlich war für die SchülerInnen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten ein grobes Muster erkennbar, auch wenn sich die exakte Vorgangsweise der beiden Forscher in diesem Fall voneinander unterscheidet (Interview 1):

I: „Jetzt noch einmal zurück zu dieser Anfangsfrage, vom Vorgang her. Ist es eher gleich, was die zwei machen, oder ist es eher stark unterschiedlich...wie die vorgehen?

S1: „es ist schon ähnlich, aber ja...



S2: „jaaa... ähnlich aber nicht komplett gleich, also: die Idee, der Weg, das Ergebnis... aber es ist halt nicht identisch, aber es hat halt ein gewisses Muster“

Diese Aussage bezog sich auf die zwei Tagebucheinträge. Nachdem ich die SchülerInnen gefragt habe, wie sie sich allgemein das Forschen von WissenschaftlerInnen vorstellen, antworteten sie mir damit, dass es schon allgemein eine Struktur geben muss. Es sollte ein Ziel vorhanden sein, das erreicht werden soll (Interview 1):

I: „genau, wie die vorgehen, wie die arbeiten?“

S2: „analysieren vielleicht, wenn die jetzt im Gebirge.. also Gebirge... in irgendwelchen Höhlen forschen, die ... keine Ahnung, die Wände, die Steinwände vielleicht analysieren, wie hart... was ist das für hartes Gestein, was kann ich damit machen, was kann ich nicht damit machen, was könnte das der Menschheit oder mir nutzen, was könnte ich verbessern....

Für S3 und S4 war im Bezug auf die Geschichten auch ein gleicher Vorgang erkennbar (Interview 2):

I: „ist für euch des gleich, also ist für euch der Vorgang, wie Volta anfängt auch genau so, wie der Faraday anfängt?“

S4: „irgendwie schon, ja....

I: „mhm, und wie fangen sie an?“

S4: „Naja, am Anfang haben sie sich eben ein Ziel gesetzt, zum Beispiel Volta glaub ich wollt eben eine Stromquelle zum leuchten bringen und hat's eben dann versucht...

I: „mhm“

S4: „und... Faraday wollte halt einen Kompass erschaffen....“

Auch für diese beiden ist bei beiden Geschichten ein Forschungsziel erkennbar. Dies wird dann später auch auf allgemeine wissenschaftliche Forschungen übertragen (Interview 2):

I: „Gibt's da eine bestimmte vorgangsweise wie ihr glaubt's 'genau so, wie der in dieser Geschichte arbeitet, arbeiten die Wissenschaftler auch' ?

Wissenschaftlerinnen auf der Uni zum Beispiel oder in einzelnen Forschungseinrichtungen... glaubt ihr dass des so vorgeht wie in den Geschichten? Oder glaubt ihr is da was anders?.....

S4: „ich glaub schon, dass es so wie in den Geschichten ist, dass sie es am Anfang probieren, und wenn sie es nicht schaffen, mit jemandem entweder zusammenarbeiten oder sich was anschau'n... und das dann umsetzen“

I: „und am Anfang... ist ein Ziel, dass sie sich setzen?“

S4: „mhm“

Bei Interview 3 wurde auch ein grobes Muster erkannt, das bei beiden Geschichten ähnlich ist, wobei sich die Ähnlichkeit auf naturwissenschaftliches Arbeiten, das beide Forscher betrieben haben, bezog (Interview 3):

I: „mhm, jetzt kurz nochmal zurück zur anderen Geschichte, im Vergleich. Habt ihr das Gefühl, das ist ein sehr gleicher Vorgang, oder es ist ganz unterschiedlich, wie die Forschen? Kann man das vergleichen?“

S6: „grundsätzlich hat man bei beiden Versuche machen müssen, um etwas herauszufinden. Rein wissenschaftlich... wissenschaftlich gesehen ist es schon ähnlich.“

I: „und was war ganz am Anfang bei beiden?“

S6: „am Anfang wussten sie nicht, was man genau machen muss... also sie hatten eine Vorstellung und wollten es verwirklichen, am Anfang hat es nicht geklappt und dann ... ist es höchstwahrscheinlich durch Zufall so passiert.“

Im weiteren Verlauf des Gesprächs wurde festgestellt, dass für S6 nicht wirklich ein Muster erkennbar war, das auf naturwissenschaftliches Forschen allgemein anwendbar sei (Interview 3):

I: „mhm, wie sind sie dann weiter vorgegangen, nachdem sie sich die Überlegungen gemacht haben? Würdet ihr aus diesen Geschichten jetzt allgemein sagen können.... wenn ich jetzt irgendeine Wissenschaftlerin hernehme... ich studiere Physik, ich gehe auf die Uni und sage: ich will bei dieser Gruppe mitforschen. Wie würde ich da, diesen Geschichten zufolge, vorgehen? Also gibt es da ein Muster? Oder nicht?“

S6: „nicht wirklich. Also ich glaub, es ist eher so Zufall, ob man draufkommt oder nicht. Man braucht ein gutes Gehirn. Logisch denken. Dann ist das eigentlich...“

Mit dieser Aussage bezog sich S6 mehr auf das Experimentieren als auf naturwissenschaftliches Forschen insgesamt. Für S6 war der Zufall ausschlaggebend, ob

ein/e ForscherIn eine Entdeckung macht oder nicht.

Im Interview 4 wurde ebenfalls Zufall als Parallele bei beiden Geschichten genannt. Ich wurde auf den Unterschied zwischen der Reihenfolge der Tagebucheinträge und der Aussagen über naturwissenschaftliches Arbeiten von S7 aufmerksam (Interview 4):

I: „gut. Vergleicht jetzt diese Geschichte mal mit der anderen. Gibt es da irgendwie einen gleichen Vorgang? Habt ihr das Gefühl, es gibt ein Muster, wie man wissenschaftlich arbeitet? Mit wissenschaftlichen Themen?“

S8: „pffff...“

I: „oder eher nicht? Also was kommt am Anfang?“

S8: „ja also, ich hab am Anfang immer diese zufälligen Entdeckungen.“

S7: „ja das hab ich auch...“

S8: „und die Mathematik hab ich immer erst am Schluss...“

S7: „ja das hab ich auch, ich hab geschaut, was könnte das Ende mal sein, also ich hab mir gedacht, Anfang und Ende sollte man eher klar erkennen können. In der Mitte war's da am Schwierigsten, zuzuordnen, wann was is...“

Später im Interview, als abschließender Kommentar, wurde von S7 gesagt, dass naturwissenschaftliches Arbeiten eher mit mathematischen Überlegungen anfängt. Bei der Reihenfolge der Geschichte über Volta von S7 war der mathematische Schritt aber als letztes gereiht (Interview 4):

I: „... Vielleicht noch ein Abschlusskommentar von euch, wie ihr euch vorstellt, dass WissenschaftlerInnen arbeiten...“

S7: „also ich hab immer... ich habe noch nie Wissenschaftler arbeiten sehen, aber in Gedanken hatte ich das immer so ... dass die halt ... mit ihren Formeln so rechnen und dann erst experimentieren gehen.“

I: „des heißt anders, als in der Geschichte aber?“

S7: „ja ... ja das... hahahaha“

S8: „hahhahahah“

Im Gegensatz dazu hat sich S8 noch keine Gedanken über das naturwissenschaftliche Forschen gemacht. Im Moment des Interviews war allerdings ein Einblick möglich, welche Meinung sich nach dieser Aktivität gebildet hat (Interview 4):

I: „danke, und für dich?“

S8: „ich weiß nicht, so hab ich mir noch nicht Gedanken darüber gemacht...“

I: „aber wenn du jetzt darüber nachdenkst...“

S8: „ja... also ich glaub eigentlich eher dass es anders herum ist... dass man herumexperimentiert, wenn man dann auf irgendetwas draufkommt, dass man dann probiert es mathematisch zu lösen...“

Beim nächsten Zweierteam kam kein Gespräch zwischen den SchülerInnen zustande, aber sie probierten, nach längerem Zögern, mir die Frage nach wissenschaftlichem Arbeiten zu beantworten (Interview 5):

I: „ok, des heißt man braucht, wenn man mathematisch was gemacht hat, einen Versuch dazu, der das belegt?“

S9 und S10: „ja...“

I: „ok, aber dass man so vorgeht, dass zuerst berechnet und danach experimentiert wird, wäre das für euch auch wissenschaftliches Arbeiten?“

S10: „eigentlich schon ja“ S9 nickt

I: „und anders herum geht's auch, oder geht das nicht?“

S9 und S10: „ja doch, das geht auch“

In diesem Abschnitt habe ich als Fragende sehr viel vom Gespräch übernommen. Dies ist eine der Situationen, in denen ich versuchte, den SchülerInnen mehr Informationen zu entlocken. S10 bestätigte meines Erachtens meine Aussagen sehr schnell, ohne die eigenen Gedanken dazu anzusprechen.

Bei diesem Interview wurde über das wissenschaftliche Arbeiten nicht von selbst diskutiert, sondern nur durch zusätzliche Fragen meinerseits. Die Aufgabe, sich gegenseitig von der eigenen Reihenfolge zu überzeugen, wurde nicht besonders wahrgenommen. Es wurde nur darüber gesprochen, wo die SchülerInnen eine gleiche oder unterschiedliche Reihung vorgenommen hatten.

Später fragte ich direkt nach, ob es eine eindeutige naturwissenschaftliche Methode gibt und ob S9 und S10 diese aus den Geschichten ableiten können (Interview 5):

I: „Jetzt vergleicht die beiden Geschichten. Könnte man jetzt, nach diesen zwei Geschichten sagen, WissenschaftlerInnen arbeiten genau so...? Ist es möglich, das zu sagen? ... Ist es möglich, dass man sagt, es gibt jetzt so eine Methode, oder ist es eher unwahrscheinlich?“

S10: „jeder Wissenschaftler macht's anders, denk ich mir“

S9: „ja.“

I: „also wenn ihr jetzt spontan sagen müsstet: wie glaubst du forscht jemand, der Physik studiert, in einer Forschungsgruppe, wie geht die Person da vor? Ist es möglich, da ein Konzept zu haben?“

S10: „vielleicht zuerst... magst du mal?“

S9: „nein...ich weiß es... nicht... na.... doch doch...“

S10: „ahm, vielleicht zuerst einmal ein Grundgerüst anschauen, was ich jetzt eigentlich berechne, und eben die Formeln und so, und dann vielleicht etwas ausprobieren... man kann eigentlich nicht wirklich sagen, zuerst die Mathematik und dann..., oder umgekehrt. Also vermischt..“

Wie WissenschaftlerInnen arbeiten war für die SchülerInnen von Anfang an nicht eindeutig bestimmbar. Vielleicht lag es daran, dass sie sich noch nicht besonders viel mit der Frage auseinandergesetzt haben, wie ForscherInnen vorgehen, wie diese ein Projekt anfangen oder beenden. Im Interview 6 haben sich die Schüler S11 und S12 erst durch spezielles Nachfragen zum naturwissenschaftlichen Forschen geäußert. Sie haben Forschung aus früherer Zeit mit Forschung von heute verglichen (Interview 6):

I: „... was ist jetzt, wenn er sich am Anfang wirklich konkret Gedanken macht: 'ich möchte das entdecken'. Könnt ihr euch vorstellen, dass Wissenschaftler so arbeiten? Sich denken: genau das mag ich herausfinden.“

S11: „Heutzutage schon, weil man ja doch schon mehr weiß, was es geben könnte.“

S12: „Weil das war ja eine Kraft..“

I: „Die Geschichten sind schon lange her...“

S12: „Das war was Unerklärliches damals.“

I: „Also es wäre heutzutage denkbar.“

S11: „Ja ich denke schon.“

S12: „Aber nicht in dem Format. Weil das ist eine so große Entdeckung.“

S11: „Weil da entdeckt man ja wirklich etwas ganz Neues. Jetzt kann man ja sagen, man möchte einen...“

S12: „neue Hilfsmittel für die Umwelt... da hat man gesehen, da könnt's einen geben, der weiß darüber was... da sieht man halt einen Vogel, der schon bekannt ist.“

S11: „ja, oder ich forsche in der Medizin genau zu dem und dem...“

Für die zwei Schüler war Forschen früher etwas anderes als Forschen heute. Als sie die Geschichten mit heute vergleichen sollen meinen sie, dass es nicht möglich sei, auf heutiges Forschen zurückzuschließen (Interview 6):

I: „würdet ihr jetzt, aufgrund dieser Geschichten, sagen, es ist möglich, zu sagen: So arbeiten WissenschaftlerInnen?“

S11: „Nein.“

I: „also gibt es da kein Muster, das ihr erkennen könnt?“

S11: „Naja, ich denk schon. Aber es gibt eher mehrere Muster, weil man kann ja einen anderen Versuch machen, oder durch Zufall auf was anderes stoßen. Man kann gleich durch Zufall auf etwas stoßen. Man kann es auch einfach so herausfinden....“

Für ein weiteres Zweierteam, S13 und S14, war es wiederum schon möglich, ein allgemeines Muster zu erkennen. Für sie war wichtig, dass beim naturwissenschaftlichen Forschen Versuche vorkommen. Vor allem in den zwei Geschichten erkannten sie diese Parallele. Auf die Frage hin, ob es bei jeder wissenschaftlichen Forschung einen gleichen Vorgang gebe, antworteten sie verneinend (Interview 7):

I: „Wenn ihr auf der Straße gefragt werden würdet: 'wie arbeiten WissenschaftlerInnen?' Gibts da etwas, das ihr sagen würdet, aufgrund dieser zwei Geschichten? Oder wärt ihr euch eher nicht sicher, dass es bestimmte Schritte gibt?“

S13: „Schon allgemein Versuche und die dann irgendwie....“

S14: „Ja, dass sie halt Versuche machen...“

S13: „Und irgendwie überprüfen....“

I: „Und wann was passiert? Ist es bei jedem Wissenschaftler unterschiedlich? Oder gleich?“

S13: „Nein, das würd ich jetzt nicht sagen.“

S14: „Nein, da ist es nicht immer gleich...“

Es hängt also von SchülerIn zu SchülerIn ab, wie über naturwissenschaftliches Arbeiten gedacht wird und ist trotz des geringen Altersunterschieds sehr verschieden. Aus den Interviews ging hervor, dass es vielfältige Auffassungen gibt. Nicht nur über das Forschen, sondern auch über die einzelnen Schritte in den Geschichten gab es unterschiedliche

Meinungen. Die Annahme, dass beim Forschen ein Grundgerüst vorhanden sein soll, war bei den meisten SchülerInnen vertreten. Es kam oft vor, dass über einen bestimmten Anfang geredet wurde. Außerdem wurden auch Aussagen darüber getätigt, wann die Mathematik zu Rate gezogen wird, was genau am Anfang oder am Ende des Forschungsprozesses vorkommt oder dass Forschen vom Zufall abhängig sein kann.

#### 4.3.3. Aussagen über die Verwendung der Mathematik

Mit einem Blick zurück auf die Reihenfolge der einzelnen Abschnitte kann man bereits erkennen, dass die Mathematik (Orangefarbiger Abschnitt, sowohl bei Faraday als auch bei Volta) sehr oft an den Schluss gereiht wurde. In den ersten beiden Interviews hatte ich den Eindruck, dass sich die SchülerInnen vor dem Gespräch noch nicht vorstellen konnten, dass naturwissenschaftliches Forschen mit Mathematik als Ausgangspunkt betrieben werden kann. Beim ersten Interview, vor der Mathematikergänzung, wurde der mathematische Abschnitt auch als alternative Möglichkeit eines Beginns in Betracht gezogen (Interview 1):

I: „Sagen wir mal, es gibt schon den mathematischen Beleg, dass etwas funktioniert. Ist des auch eine Möglichkeit, von dem auszugehen? Dass man von da aus Experimente plant, oder ist es eher anders herum?“

S1: „also dass man dann schon das Ergebnis hat und dann... „

I: „genau, is es... also habt ihr des Gefühl, dass des möglich ist?“

S1: „man kann das Ergebnis als Fragestellung auch sehen... also, der hat das gemacht... es ist eh so wie hier, aber wie hat er es gemacht... und dann kann man es auch experm.... ex.. experimentieren...“

I: „experimentell probieren, ja, passt gut..“

S1: „und dann kann man halt auch irgendwie drauf kommen, wie er es gemacht hat... „

Im zweiten Interview war S3 auch durch meine Frage dazu angeregt, sich Mathematik als Teil wissenschaftlichen Arbeitens vorzustellen. Dabei war egal, wann die Mathematik zu Rate gezogen wurde. Für S4 hingegen war Mathematik der Anfangspunkt, obwohl die Reihenfolge in der Geschichte anders gewählt wurde – nämlich die Mathematik in der Mitte des Prozesses (Interview 2):

I: „... Das heißt, dass er sich auf etwas beruft... könntet ihr euch des vorstellen, nur so eine Idee, es existiert was Mathematisches und sie denken sich, wie kann ich des

jetzt experimentell umsetzen ... ist des.... glaubt ihr is des... möglich, oder ist des eher unwahrscheinlich? Dass man zuerst experimentiert oder zuerst mathematisch was macht?“

S3: „hmmm... wahrscheinlich egal, oder?“

I: „egal? So, man könnt genauso zuerst mathematisch was aufstellen?“

S3: „ja, ich glaub schon, oder?“

I: „es is grad wichtig, wie ihr euch des vorstellts ... ja, also, du glaubst es geht beides? Was ist mit dir?“

S4: „ich glaub man muss als erstes mathematisch vorgehen, dass man weiß, ob es überhaupt funktioniert....oder nicht...“

Auch für S5 war mein Vorschlag, mit der Mathematik zu beginnen, grundsätzlich möglich (Interview 3):

I: „was ist jetzt, wenn ich sage, der erste Schritt ist der...“ (Zettel mit Formel  $U=R*I$ )

S5: „ich glaub nicht, denn da würde man mitten in der Geschichte anfangen...“

I: „des ist schon super, wie ihr des hier aufgestellt habt. Was ist, wenn ich jetzt unabhängig von dieser Geschichte sage, ich gehe nur von der Mathematik aus. Es hat irgendjemand schon gerechnet und ich sage: dazu will ich experimentieren! Könnt ihr euch das vorstellen? Dass es sowas gibt?“

S5: „grundsätzlich schon...“

Mein Vorschlag, dass mit der Mathematik begonnen werden könnte, wurde zuerst abgelehnt, da der Schritt sprachlich nicht als Anfang passen würde. Für einige SchülerInnen war dies ein Kriterium der Reihung. Erst als ich sagte, dass es unabhängig von den Geschichten und unabhängig von der sprachlichen Reihenfolge betrachtet werden sollte wurde es in Betracht gezogen.

In Interview 4 waren S7 und S8 unterschiedlicher Auffassung, wann die Mathematik zu Rate gezogen werden sollte (Interview 4):

S7: „naja gut... also ich glaub, dass eben das mit den Berechnungen da ist, weil er ja eben erst da anfangen hat, sag ich mal, und er hat es geschafft, aber irgendwas stimmt nicht... und dann rechnet er das... und dann kriegt ers nicht hin und dann erst nach fünf Jahren...“

S8: „ja da hab ich mir halt gedacht weil er halt hier die Schriften erwähnt, vielleicht



versucht ers zuerst mit den Schriften und dann schaut er sich nochmal die Formeln an.“

Sobald ich die Mathematik unabhängig von der Geschichte als Teil des Forschens genannt hatte konnten sich S7 und S8 eher vorstellen, beim naturwissenschaftlichen Arbeiten auch nur von Berechnungen auszugehen (Interview 4):

I: „könntet ihr euch auch vorstellen, dass man überhaupt nur von der Mathematik ausgeht? Bei der Geschichte ist es vielleicht ein bisschen schwierig, weil man das Gefühl hat, dieser Schritt gehört mitten hinein... aber was ist wenn ich jetzt einfach die Mathematik hab, weil jemand anderes schon gerechnet hat. Das passiert oft... wissenschaftliches Arbeiten gibt es ja schon lange. Das heißt es existieren schon ganz viele mathematische Aufzeichnungen. Könnt ihr euch das vorstellen, dass man nur von der Mathe ausgeht? Ich habe die Mathe und plane von dort aus meine Versuche? Oder ist es eher wahrscheinlich, dass man zuerst experimentiert und dann die Mathe aufstellt...?“

S8: „ich denk, es ist beides möglich.“

S7: „ja,... aber ich glaub wenn man die Formel schon hat kann man sich ja überlegen, und dann zu experimentieren anfangen....würde ich sagen“

S8: „aber es kann halt auch öfter sein, dass vielleicht etwas zufällig passiert. Wenn man sich halt davor keine Gedanken drüber macht, und wenn dann was passiert, dann muss man das betrachten...“

S7: „das ist halt auch nicht so oft.... ja....“

S8: „ja... also die sichere Methode ist es schon mit der Mathematik...“

Für S8 war dann sogar die Mathematik die sicherere Methode, mit der zu forschen angefangen werden kann.

Für die SchülerInnen S9 und S10 war von Anfang an bei der Geschichte von Faraday die Mathematik als Einstieg in das naturwissenschaftliche Arbeiten wichtig. Ohne Mathematik konnten sie sich auch nicht vorstellen, dass geforscht werden könnte (Interview 5):

I: „was ist jetzt, wenn ich die Mathematik ganz am Schluss hinsetze.“

S10: „ja das geht auch, weil da sagt er irgendwas .... trotzdem muss ich noch kleine Umformungen vornehmen, da die Formeln noch nicht ganz korrekt sind...“

I: „mhm..? und dass er wirklich nur herumexperimentiert und dann erst die Mathematik erstellt? Weil da (bei diesem Abschnitt) geht er ja auch von Formel

aus. Dass er wirklich erst ganz am Schluss die Mathematik dazu erstellt, könnt ihr euch das vorstellen, dass es das gibt?“

S9: „hm... naja, nicht wirklich, weil wenn er das machen würd,... ich weiß nicht.... ahm...“

I: „ihr könnt auch gerne miteinander drüber reden, ob es möglich ist oder nicht. Vielleicht kommt ihr gemeinsam auf neue Ideen.“

S10: „ahm.... naja, man muss irgendwie schon die Formel wissen, weil wenn man nur herumexperimentiert,... geht auch, aber es braucht länger.“

Bei näherem Nachfragen, warum es denn länger brauchen würde ohne Mathematik, antwortete S10 darauf (Interview 5):

S10: „also einfach, mit der mathematischen Formel da hat man schon so ein Grundgerüst, wie es vielleicht gehen könnte, aber wenn man herumexperimentiert und man macht irgendwas, es geht nicht, und dann... es klappt dann und man weiß nicht, man hat irgendwie dieses Grundgerüst, das irgendwie vielleicht... zeigt, wie man vorgehen könnte...“

Nur über mathematische Aussagen war es für S9 und S10 allerdings nicht vorstellbar, auf Erkenntnisse beim Forschen zu kommen. Es bedarf des Experiments, damit der Mathematik geglaubt werden kann (Interview 5):

I: „was wäre jetzt, wenn nur die mathematischen Formeln da wären? Könnt ihr euch das vorstellen? Wenn was berechnet wurde, und dann sagt eine WissenschaftlerIn vielleicht: 'ich bin auf etwas draufgekommen, das vorher noch nicht da war'...?“

S9: „nnaaaa... naja, also man kann sich das da ... also mit ohne... den anderen Sachen, also nur mit Mathematik kann man sich das halt nicht so gut vorstellen vielleicht. Also wenn ich jetzt zum Beispiel sag ich berechne wie ich fliege oder so und wie das gehen sollte, kann man ja nicht wissen, ob das wirklich funktionieren sollte...“

S10: „ja man hat eine Behauptung aber keinen Beweis...“

Trotzdem war für beide SchülerInnen ein Vorgehen sowohl von der Mathematik als auch von Experimenten ausgehend möglich.

Beim Interview 6 hatte ich den Eindruck, dass für S11 und S12 wichtiger war, sich mit der

Konsistenz der zwei Tagebucheinträge zu beschäftigen. Es wurde weniger darauf geachtet, was in den einzelnen Abschnitten vorkam, als darauf, wie es präsentiert wurde. Die Mathematik wurde nur nebenbei erwähnt. Trotzdem wurden die Abschnitte so gereiht, dass der Mathematische Schritt am Schluss steht (Interview 6):

I: (zu S12) „und warum ist für dich da der Schritt passender?“

S12: „Ich hab das als Erläuterung dafür, warum er so lang gebraucht hat um dann ein Ergebnis zu finden. Also er hat sich generell mal ja ... mit Hilfe von Formel gedacht... wie geht das so. Und dann verzweifelt er, weil er nach fünf Jahren noch immer kein Ergebnis gefunden hat. Und dann.... schafft ers.“

I: „was ist, wenn ich den Schritt, der bei euch als Drittes und als Fünftes gewählt wurde, an den Anfang setze. Geht das?“

S12: „Das passt zum ersten Text nicht.“

S11: „Vor allem, weils ein Tagebucheintrag ist. Weil das ist ja ein Tagebuch, oder? Und da kann man das ja nicht an den Anfang rücken. Also ich schreib ja auch nicht: 'ich habe eine neue Stromquelle erschaffen. Wie kann ich eine neue Stromquelle erschaffen?' naja, das passt irgendwie nicht.“

Bei der Frage, ob es möglich ist, nur von der Mathematik auszugehen, erwähnte ich am Schluss extra, dass es sich dabei nicht um den einen speziellen Abschnitt in dem Tagebucheintrag handle. Dieser passte nämlich für viele SchülerInnen zuvor nicht an den Anfang des Tagebuchaufbaus. Mathematik zu benutzen bedeutet speziell für diese beiden SchülerInnen, dass ein/e ForscherIn sehr klug sein muss, um das Forschen mit Berechnungen starten zu können (Interview 6):

I: „wenn ich mir das vorstelle, geht es, dass ich nur von der Mathematik ausgehend forsche? Nicht diesen einen Schritt, aber an sich mit Mathematik? Dass zuerst die Mathematik erarbeitet wird und dann Experimente dazu entstehen?“

S12: „Das ist noch eher plausibel. Aber man muss schon ein helles Köpfchen sein.“

S11: „Jooooaa, man muss halt schon ziemlich gscheit sein, wenn man das alles im Kopf macht.“

...

I: „Und bei dieser Geschichte, könnt ihr euch vorstellen, dass er auf das Ergebnis draufgekommen wäre, wenn er es nur mathematisch angegangen wäre?“

S11: „Na, ich glaub nicht.“

S12: „Na, ich auch nicht.“

Zusätzlich dazu, dass Mathematik nur von 'hellen Köpfen' als Anfang ihrer Projekte gewählt werden könne, meinten die beiden auch, dass in der Vergangenheit viel mehr durch Zufall experimentiert wurde, als etwas zuerst zu berechnen. Hier sehe ich noch eine Verbesserungsmöglichkeit der Unterrichtsmaterialien. Die beiden Geschichten befinden sich historisch weit in der Vergangenheit, wodurch ein Vergleich mit der Gegenwart und heutigem Forschen nicht getätigt wurde.

Wenn die SchülerInnen die Mathematik in den Geschichtsabschnitten betrachten sollen, dann gilt dies oft als Abschluss des Forschens. Auch S12 sagte, für ihn erklärt die Rechnung die Versuchsdurchführungen (Interview 6):

I: „Warum ist es ganz am Schluss bei euch?“

S11: „Ich weiß nicht, weil... für mich ist das so. Weil da steht: 'ob das akzeptiert wird' und 'meine Annahme hat sich bewährt' das man das so ausdrücken kann ist dann eher...“

S12: „ich hab da auch noch die Rechnung ganz zum Schluss, die erklärt das.“

Im Bereich der aktuellen Forschung konnten sich die beiden vorstellen, dass man nur von der Mathematik ausgeht. Ob man allerdings mit Berechnungen startet, hängt davon ab, was schon bekannt ist, und was bereits erforscht wurde. Je mehr erforscht wurde, je mehr bekannt ist, desto einfacher ist es, mathematisch zu starten (Interview 6):

I: „Wenn man jetzt nur von der Mathematik ausgehen würde. Könnte man das dann auch ganz an den Anfang setzten? Was glaubt ihr?“

S11: „Ja ich denke schon. So... ich denke, mit dieser und dieser Formel könnte man Strom berechnen... und dann versucht er das.“

S12: „Das ist schon eher möglich, weil die Leitfähigkeit von den Plättchen kann man ja schon berechnen.“

Im Interview 7 wurde der Abschnitt zur Mathematik von beiden Schülerinnen bei der Geschichte von Volta eher an den Anfang gereiht, bei Faraday allerdings wieder an vierte Stelle.

Im Interview selbst wurde nur sehr wenig über die Mathematik gesprochen. S13 meinte nur, dass der Schritt auch rein sprachlich eher vorne eingereiht werden sollte (Interview 7):

I: „Wie wär des, wenn i des umstelle? Er versucht zuerst seine Experimente, mathematisiert es dann, und kommt durch die Mathematik drauf, es passt etwas nicht. Dann stellt er die Versuche um, es funktioniert und er ist zufrieden. Kann es sein, dass er durch die Mathematik auf die Lösung kommt? Glaubt ihr, dass des möglich ist?“

S13: „Kann schon sein, aber er schreibt ja 'mit der Mathematik lassen sich die Versuche fast nicht vereinbaren'. Deswegen hab ich mir gedacht, dass es da nicht reinpasst...“

Abschließend lässt sich sagen, dass sich die Abschnitte zur Mathematik eher am Schluss der Reihenfolgen der SchülerInnen befanden. Trotzdem gab es vereinzelt SchülerInnen, die es an den Anfang gereiht hatten.

Die Interviews zeigten, dass die Reihung der Mathematik deswegen als Abschluss des naturwissenschaftlichen Forschens gewählt wurde, weil für die SchülerInnen Forschen damit abgeschlossen wird (vgl. Uhden, 2012:25ff)

#### 4.3.4. Aussagen bezüglich Anfang und Zufall im naturwissenschaftlichen Forschen

Für viele SchülerInnen war es wichtig, dass am Anfang des Tagebucheintrags die Aufgabenstellung genannt wurde. Ich vermute, dass der erste Schritt oft nicht als Teil des naturwissenschaftlichen Forschens angesehen wurde. Im Interview 1 war wichtig, dass die Forscherinnen am Anfang eine Fragestellung verfolgen:

I: „warum ist für dich des Orangene das erste?“

S2: „mmmmh, naja, dass es ... der Freund ihm eine gewisse Sache empfohlen hat und dann hat er sich die Frage gestellt, wie er es machen kann und baut darauf seine Experimente auf“

I: „des heißt, für dich gibt es einen Anfang, irgendwann so eine Anfangsfrage die er von einem Freund kriegt.“

Im Interview 2 erklärte S4 den Anfang des Tagebucheintrags, wobei nicht klar wurde, ob er darin auch einen Start von naturwissenschaftlichem Forschen allgemein sieht (Interview 2):

I: „ok, wie würdest es du sagen, wie war dein erster Gedanke? Wie hast es du da...? womit hat er gestartet zum Beispiel?“

S4: „na dass er seit einigen Jahren probiert hat, eine Glühbirne zum leuchten zu bringen, es aber nicht geschafft hat. Und dann hat er's halt immer wieder

weiterprobiert.“

Später meinte S4, dass zuerst Experimentiert wurde, wobei im Interview am Schluss noch erwähnt wurde, dass die meisten ForscherInnen eher mit Mathematik beginnen würden:

I: „da hat er zuerst versucht, und dann hat er mit...? was war des für dich?“

S4: „vielleicht also, er hat als erstes ein paar Experimente durchgeführt und danach, als er's nicht geschafft hat, hat er sich vielleicht von einem anderen, wie hier zum Beispiel Galvani, sich es anschaut, wie er es gmacht hat, und dann...“

...

I: „egal? So, man könnt genauso zuerst mathematisch was aufstellen?“

S3: „ja, ich glaub schon, oder?“

I: „es is grad wichtig, wie ihr euch des vorstellt ... ja, also, du glaubst es geht beides? Was ist mit dir?“

S4: „ich glaub man muss als Erstes mathematisch vorgehen, dass man weiß, ob es überhaupt funktioniert....oder nicht...“

Auch in diesem Interview war wichtig, dass es am Anfang des Forschens ein bestimmtes Ziel gibt, das erreicht werden soll (Interview 2):

S4: „ich glaub schon, dass es so wie in den Geschichten ist, dass sie es am Anfang probieren, und wenn sie es nicht schaffen, mit jemandem entweder zusammenarbeiten oder sich was abschau'n... und das dann umsetzen“

I: „und am Anfang... ist ein Ziel, dass sie sich setzen?“

S4: „mhm“

Im Interview 3 konnte sich S5 aufgrund der Geschichte nicht vorstellen, dass der mathematische Schritt am Anfang steht:

I: „was ist jetzt, wenn ich sage, der erste Schritt ist der...“ (Zettel mit Formel  $U=R*I$ )

S5: „ich glaub nicht, denn da würde man mitten in der Geschichte anfangen...“

Auch diese beiden vermuteten als Anfang von wissenschaftlichem Arbeiten eine Forschungsfrage, die sich die ForscherInnen zuerst stellen (Interview 3):

I: „so bitte, überzeugt euch gegenseitig, schaut mal, wie ihr des geordnet habt“

S5: „ja das erste haben wir gleich, ich will die Welt revolutionieren. Das ist ein guter Beginn. Aaaahh... dann...“

...

I: „und was war ganz am Anfang bei beiden?“

S6: „am Anfang wussten sie nicht, was man genau machen muss... also sie hatten eine Vorstellung und wollten es verwirklichen, am Anfang hat es nicht geklappt

Im nächsten Interview war die Reihung der Geschichtsabschnitte anders als ihre eigentliche Vorstellung über naturwissenschaftliches Arbeiten (Interview 4):

I: „oder eher nicht? Also was kommt am Anfang?“

S8: „ja also, ich hab am Anfang immer diese zufälligen Entdeckungen.

S7: „ja das hab ich auch...“

...

S7: „also ich hab immer... ich habe noch nie Wissenschaftler arbeiten sehen, aber in Gedanken hatte ich das immer so ... dass die halt ... mit ihren Formeln so rechnen und dann erst experimentieren gehen.“

I: „des heißt anders, als in der Geschichte aber?“

S7: „ja ... ja das... hahahaha“

Für S10 im Interview 5 war es beim Sortieren der ersten Geschichte schwer denkbar, dass ein/e ForscherIn nur mit Experimenten anfängt zu forschen. Bei der zweiten Geschichte jedoch wurde der Schritt zur Mathematik als letzter Abschnitt gewählt (Interview 5):

I: ... „und dass er wirklich nur herumexperimentiert und dann erst die Mathematik erstellt? Weil da (bei diesem Abschnitt) geht er ja auch von Formel aus. Dass er wirklich erst ganz am Schluss die Mathematik dazu erstellt, könnt ihr euch das vorstellen, dass es das gibt?“

S9: „hm... naja, nicht wirklich, weil wenn er das machen würd,... ich weiß nicht... ahm...“

I: „ihr könnt auch gerne miteinander drüber reden, ob es möglich ist oder nicht. Vielleicht kommt ihr gemeinsam auf neue Ideen.“

S10: „ahm.... naja, man muss irgendwie schon die Formel wissen, weil wenn man nur herumexperimentiert,... geht auch, aber es braucht länger.“

I: „mhm... warum braucht es da länger?“

S10: „weil mit der mathematischen... naja,... ich weiß nicht...“ (schaut beschämt

drein)

I: „keine Sorge, ich kann es nicht zurückverfolgen, wer was gesagt hat, also einfach, was du glaubst...“

S10: „also einfach, mit der mathematischen Formel da hat man schon so ein Grundgerüst, wie es vielleicht gehen könnte, aber wenn man herumexperimentiert und man macht irgendwas, es geht nicht, und dann... es klappt dann und man weiß nicht, man hat irgendwie dieses Grundgerüst, das irgendwie vielleicht... zeigt, wie man vorgehen könnte...“

Für S13 stand der Abschnitt bei Volta an erster Stelle, im dem der Wissenschaftler erklärt, was er erforschen will (Roter Abschnitt). S14 war sich zuerst nicht sicher, und meinte dann, dass am Anfang des Forschens ein Ziel wichtig ist, das sich die/der ForscherIn setzt (Interview 7):

S13: „ich find das klingt eher so wie ein Anfang.“

S14: „ja eben, das hab ich nämlich am Anfang auch gedacht, nur dann hab ich mir halt gedacht, weil er da ja darüber redet, weiß nicht, was,... vielleicht.... ich denke, ich war mir eh nicht sicher wie das gehört, nur ich glaub nämlich eh, dass es anders herum gehört. Dass du es richtig hast. Hab mir halt gedacht, weil er darüber redet, dass er...ahm... dass er das mit den Glühbirnen probieren will und da dann ja auch schon was ... da steht von wegen... Glühbirne... na aber es ist wahrscheinlich eh anders rum“

I: „So die ursprünglichen Gedanken, wie er überhaupt zu den Überlegungen gekommen ist.“

S14: „Ja, nur da schreibt er ja auch noch... 'lange Überlegungen', also wars wahrscheinlich eher anders herum. Bin mir nicht ganz sicher...“

Bei der zweiten Geschichte achteten beide eher darauf, wie die Geschichte textlich zusammenpasst.

Viele SchülerInnen erwähnten in den Interviews den Aspekt des Zufalls. Bei den meisten waren Erkenntnisse nur durch zufällige Ergebnisse der Experimente möglich. Sowohl beim Interview 1, als auch bei 3, 4 und 6 wurden Aussagen zum Zufall getätigt:

S1: „Naja, meistens passiert ja auch unabsichtlich. Also, dass sie jetzt..“

S2: „... durch Zufall...“

...



S6: „am Anfang wussten sie nicht, was man genau machen muss... also sie hatten eine Vorstellung und wollten es verwirklichen, am Anfang hat es nicht geklappt und dann ... ist es höchstwahrscheinlich durch Zufall so passiert. [...] Also ich glaub, es ist eher so Zufall, ob man draufkommt oder nicht. Man braucht ein gutes Gehirn. Logisch denken. Dann ist das eigentlich...“

...

S8: „ja also, ich hab am Anfang immer diese zufälligen Entdeckungen.

S7: „ja das hab ich auch...“

...

S12: „Oder... da ist ja was zufällig. Man kann ja nicht davor einen Tagebucheintrag,....

I: „... dass etwas entdeckt wurde...“

...

I: „und wenn man genau die zwei Geschichten vergleicht, gibt es da Parallelen?“

S11: „Ja, dass es ein Zufall ist. Weil da steht irgendwas: 'vorgestern hab ich mein Salzwasser, das ich zum Nase spülen benutze, über die Apparatur geschüttet und es ist zufällig... da ist auch wieder so eine zufällige Situation.“

S12: „Aber das andere ist nicht Zufall. Mit dem Kupfer und Eisen. Ich habs probiert und es ging nicht...“

I: „Mhm, da warn ganz spezielle Überlegungen..?“

S11: „Naja, dass man durch Zufall was entdeckt.“

S12: „Also da sind unterschiedliche Vorgänge.“

Zum Teil wurde der Zufall als wichtiger Aspekt der beiden Geschichten wiedergegeben, zum Teil aber wird allgemein auf naturwissenschaftliches Forschen hingewiesen. Da bei einer der Geschichten tatsächlich durch eine unbeabsichtigte Handlung die Entdeckung gemacht wird, war zum Beispiel für S11 sowohl in der ersten als auch in der zweiten Geschichte der zufällige Charakter von großer Bedeutung, obwohl die zweite Geschichte anders abgelaufen ist.

## 5. Diskussion

Nach den Beobachtungen zu Aussagen über die naturwissenschaftliche Methode, den Einsatz der Mathematik, das Auftauchen des Zufalls beim Forschen sowie der speziellen Gesprächskultur in den Interviews habe ich meine eigenen Schlüsse gezogen und mit Hilfe von Fachliteratur analysiert. Wie ich die einzelnen Aspekte interpretiere kann sowohl den Meinungen von Lesenden entsprechen, ihnen aber auch entgegenstehen. Ich präsentiere in diesem Kapitel die analysierten Ergebnisse der Interviews.

### 5.1. Diskussion zur Gesprächskultur

Zuallererst gehe ich auf die Gesprächskultur im Interview ein. Zum Teil habe ich das Gefühl, selbst zu viel geredet zu haben, damit ich die SchülerInnen in Gespräche verwickle. In manchen Passagen kam mir vor, hauptsächlich gesprochen zu haben und den SchülerInnen so Meinungen untergejubelt zu haben, die sie von sich aus eventuell nicht getätigt hätten. Von den SchülerInnen habe ich in manchen Interviews nur sehr wenige Antworten erhalten, und um diese Pausen zu überbrücken habe ich versucht, sie mit Fragen zu den einzelnen Textabschnitten in Gespräche zu verwickeln. Dabei habe ich auch versucht, die vorigen Aussagen von ihnen zusammenzufassen, wobei ich bereits bei diesem Vorgang viel interpretiert habe.

Es ist auch oft zu einem Gesprächsstillstand gekommen, weil sich die SchülerInnen in den Zweiertteams schnell einig waren, wie warum welcher Abschnitt an welche Stelle gereiht werden sollte. Daher wäre die Aktivität vielleicht auch sinnvoller einzubauen, wenn es in größeren Gruppen zu Gruppengesprächen kommen kann. So treffen auch möglicherweise mehr unterschiedliche Meinungen aufeinander als in den von mir geführten Interviews. In einer regulären Klasse werden die Abschnitte vermutlich so verschieden gereiht, sodass Diskussionen entstehen können.

Die mangelnde Gesprächsbereitschaft könnte daher kommen, da sehr wenige SchülerInnen sich auch trauen, im Bereich der Physik ihre eigenen Gedanken zu sagen. Viel zu oft wird ein fragend entwickelnder Unterricht von Lehrkräften bevorzugt (vgl. Wiesner et al., 2015:94), wodurch die SchülerInnen darauf trainiert werden, die richtige Antwort zu geben, und nicht ihre eigene. SchülerInnen sind es also nicht gewohnt, im Physikunterricht über ihre eigene Meinung zu sprechen und ihre Vermutungen aufzustellen. Ich vermute hier einen engen Zusammenhang zwischen den Interviews und dem eigenen Verhalten im Physikunterricht.

Außerdem hatte ich auch zu Beginn den Eindruck, dass die oder der SchülerIn, mit der ich am ehesten Blickkontakt aufnehmen konnte, mehr geredet hat. Da insgesamt wenig

diskutiert wurde, sind m.E. die Geschichten in einem Unterrichtsverlauf besser aufgehoben als in einem Interview- in einer Gruppenaktivität haben die SchülerInnen vielleicht nicht das Gefühl, auf ihnen selbst liegt der meiste Fokus.

Als weiterer Punkt sei noch erwähnt, dass ich persönlich noch kaum Erfahrungen gesammelt habe im Bereich des Befragens durch Interviews. Daher habe ich mich vermutlich auch so oft in das Gespräch eingebaut und wusste manchmal nicht, wie ich die zwei SchülerInnen dazu animieren konnte, mehr miteinander über die Geschichten zu diskutieren. Ich habe m.E. zu wenig herausgefunden, ob den SchülerInnen die Art der Aktivität interessant erschien oder ob es in einigen Bereichen Schwierigkeiten gab. In diesem Punkt habe ich mich sehr weit von der Akzeptanzbefragung distanziert, wobei ich immer wieder versucht habe, darauf zurückzukommen.

## 5.2. Diskussion zu den Aussagen über die naturwissenschaftliche Methode

Für viele der befragten SchülerInnen ist beim Vorgang des naturwissenschaftlichen Arbeitens immer ein Grundgerüst vorhanden, worauf WissenschaftlerInnen zurückgreifen. Sie konnten dieses Gerüst auch im Bezug auf die Geschichten finden. Kaum ein/e SchülerIn könnte sich das Forschen ohne ein bestimmtes Ziel vorstellen. Dies ist auch gut so, denn das Forschen hat, ob nun fremd- oder selbstgesteuert, selbstverständlich bestimmte Ziele. Ein Mensch entscheidet sich dazu, in einem Gebiet zu forschen, ob sie/er dann für die Universität, eine Firma oder aus eigenem Interesse forscht, hängt von der Person ab. Aber ziellos ist forschen m.E. nicht. Auch einen Anfang muss es für die SchülerInnen geben. Das spiegelt sich dann in der Reihung der einzelnen Abschnitte wieder. Ein/e ForscherIn muss irgendwann anfangen, zu arbeiten, zu forschen. Daher suchen die SchülerInnen auch bei den Abschnitten der Geschichte nach einem Start des Forschens. Oft suchten sie bei den Abschnitten aber eher nach sprachlichen Anzeichen, die einen Beginn gekennzeichnet hätten.

Vor allem bin ich erfreut, wie oft die SchülerInnen im Gespräch darauf zu sprechen gekommen sind, dass der Forschungsvorgang von der Situation abhängen kann, je nachdem, wie welche/r WissenschaftlerIn vorgehen will und muss. Es ist m.E. nicht nachweisbar, ob die Gedanken von meinem entwickelten Material aus entstanden sind. Zumindest wurden die SchülerInnen dazu angeregt, darüber nachzudenken und zu sprechen.

Bezüglich der Abschnitte und der Reihenfolge der naturwissenschaftlichen Methode gab es wenige Aussagen, vor allem war es für die SchülerInnen vielleicht auch schwer, die Verbindung herzustellen von den Geschichtsabschnitten zu einzelnen methodischen Abläufen. Da ich mit meinem Material auch von dem Gedanken einer einzigen wahren

naturwissenschaftlichen Methode wegführen möchte, wurden die SchülerInnen zumindest nicht weiter in diese Richtung angeleitet. Allerdings wurden von einigen SchülerInnen zum Teil Abschnitte auch gar nicht als Teil naturwissenschaftlichen Handelns verstanden, sondern eher nur als Teil der ausgeteilten Geschichte. Zum Beispiel wurden Abschnitte von einigen an den Anfang gesetzt, die sprachlich eher dort hinzusetzen gewesen seien. Auch nach mehrmaligem betrachten der Abschnitte kann ich keinen speziellen sprachlichen Anfang entdecken, habe aber die einzelnen Passagen noch verfeinert. Ich habe zwei freiwilligen SchülerInnen unterschiedlicher Schulen im Alter von 16 und 17 die Abschnitte gezeigt, die von mir den Auftrag erhielten, die Geschichten nur auf ihre sprachliche Oberfläche hin zu untersuchen. Sie sollten überprüfen, ob es durch die Sprache bereits ein vorgegebenes Muster gäbe. In der Endversion konnten die Befragten kein Anzeichen dafür erkennen, ob ein Abschnitt eher als Anfang geeignet sei als ein anderer. Trotzdem ist dieser Aspekt nicht ausreichend erforscht worden und bedarf weiterer Forschung.

Die SchülerInnen haben vielleicht deswegen widersprüchliche Aussagen zum naturwissenschaftlichen Forschen getätigt, weil sie sich entweder an der von mir entwickelten Geschichte orientierten oder unabhängig davon naturwissenschaftliches Arbeiten beschreiben sollten. Eine mögliche Fehlerquelle diesbezüglich könnte eben die sprachliche Komponente sein, mit der die SchülerInnen konfrontiert werden. Einige von ihnen haben die Geschichte nach den Aspekten gereiht, ob ein Abschnitt sprachlich am Anfang eines Tagebucheintrags stehen könnte oder nicht.

Durch die Interviews mit den SchülerInnen der 4. Klasse konnte man nicht erkennen, ob es einen bestimmten Trend in der Meinung zur naturwissenschaftlichen Methode gibt. Es könnte daran liegen, dass die SchülerInnen in diesem Alter noch nicht viel Kontakt mit Physik oder naturwissenschaftlichem Arbeiten hatten, sodass ihre Meinungen darüber noch nicht geformt waren. Daher ist vielleicht diese Aktivität hier besonders fruchtbar, um SchülerInnen schon sehr früh mit den Merkmalen der Natur der Naturwissenschaften zu konfrontieren und ihre Wissensgenese damit zu aktivieren.

In den SchülerInnen existieren bereits spezifische Schülervorstellungen (vgl. Wiesner et al., 2015:35) zur Methode des naturwissenschaftlichen Arbeitens in der Physik, aber durch mein Material konnte ich nicht genügend Anhaltspunkte finden, um eine allgemeine Aussage darüber zu tätigen, wie sehr die Geschichten die Vorstellungen aktiviert oder außer Kraft setzt. Wichtig ist vor allem, wie mit den Vorstellungen im Unterricht umgegangen wird. Vielleicht können durch diese Aktivität allerdings allgemeine Schülervorstellungen aufgebrochen werden – sollten diese schon sehr starr vorhanden sein – da die SchülerInnen

zur Reflexion über Wissenschaft und Forschen aufgefordert werden. Es werden bereichsübergreifende Vorstellungen (vgl. Wiesner et al., 2015:34/35) mit neuen Blickwinkeln verglichen und aufgelockert.

### 5.3. Diskussion über die Aussagen zur Mathematik

Wann wird nun die Mathematik zu Rate gezogen beim naturwissenschaftlichen Forschen? Ist sie am Ende auch überhaupt der Anfang des Forschens? Für die von mir befragten SchülerInnen waren die Antworten auf diese Fragen sehr unterschiedlich. Einige Meinungen tauchten allerdings öfters auf. Zum Beispiel war für viele SchülerInnen der Abschnitt mit der Mathematik fast nie am Anfang. Erst durch von mir extra gestellte Fragen überlegten sich einige SchülerInnen, ob WissenschaftlerInnen mit Mathematik auch anfangen zu forschen. Woher kommt das Bild, dass Mathematik eher am Schluss von Forschen eingesetzt wird?

Zum einen existiert bei SchülerInnen die Vorstellung, dass, um Physik zu verstehen und Physik zu können, ein Mensch schon sehr viel Mathematik wissen muss. „Eine mögliche Sicht auf den Gebrauch der Mathematik im Physikunterricht ist, dass mathematische Fähigkeiten eine Vorbedingung für das Physiklernen sind“ (Uhdén, 2012:24). Für mich bedeutet es, dass SchülerInnen beim Reihens der geschichtlichen Abschnitte zum Teil der Mathematik keine besondere Beachtung schenken, da diese ohnehin als ForscherIn bekannt ist. Sie setzen die Mathematik deswegen ans Ende der Geschichte, da es eine Notwendigkeit ist die zu einer mathematischen Schlussfolgerung erst wieder aufgegriffen werden muss.

Für manche SchülerInnen war nach von mir gestellten Fragen durchaus denkbar, dass ForscherInnen mit mathematischen Überlegungen beginnen. Jedoch kam es für sie auch auf die Situation an, wann das passieren könnte. Diese Aussagen sind im Rahmen des Gesprächs über meine Geschichten getätigt worden, daher sehe ich es als eine erfolgreiche Aktivierung der Gedanken über NdN an.

Als weitere Überlegung darüber, warum die Mathematik meistens ans Ende der Geschichte gereiht wurde, könnte der tatsächliche Ablauf von Physikunterricht sein. Wie bereits erwähnt findet Physikunterricht oft als fragend entwickelnder Unterricht statt. Meistens wird am Ende der Einheit der mathematische physikalische Zusammenhang noch einmal abschließend an der Tafel notiert. Für die SchülerInnen wird Mathematik also am Schluss der Stunde, am Schluss des eigenen physikalischen Wissenserwerbs, wie ein Merksatz formuliert. Dem kann man mit genügend Methodenvielfalt (vgl. Wiesner et al., 2015: 94-96) und einem an das Kompetenzmodell angepassten Unterricht entgegenwirken.

Zusätzlich ist für SchülerInnen manchmal auch schwer, die Verbindung zwischen

Mathematik und Physik herzustellen. Die Schwierigkeit besteht darin, den SchülerInnen bewusst zu machen, dass die Mathematik in der Physik sich von den im Mathematikunterricht gelehrt Inhalten unterscheiden kann. „Beim Interpretieren einer Gleichung wird oftmals der Einfluss von physikalischen Größen betrachtet, die normalerweise die Rolle von Konstanten einnehmen“ (Uhden, 2012:25). Laut Uhden ist diese inkonsistente Verwendung ein nicht zu vernachlässigendes Problem für Lernende (Uhden, 2012:25) und soll im Unterricht berücksichtigt werden.

Der zusätzlich interessante Gedanke, dass man in der Vergangenheit vermutlich nicht mit mathematischen Formeln hätte anfangen können zu Forschen, wird in 5.4. erörtert.

#### 5.4. Diskussion zu Aussagen über den Zufall

Warum für die SchülerInnen der Zufall in den Entdeckungen des naturwissenschaftlichen Arbeitens so wichtig ist schließe ich daraus, dass es für sie schwer ist, sich vorzustellen, wie man als ForscherIn auf diese großen Entdeckungen kommen kann. Nur wenige SchülerInnen erhalten Einblick in naturwissenschaftliches Arbeiten und selbst dann sind sie meist nicht am Entwicklungsprozess beteiligt, wissen daher nicht, wer und wie viele Menschen daran beteiligt sind. Alleine wenn die Gruppengröße der universitätsbesuchenden SchülerInnen betrachtet wird kann man daraus schließen, dass nur wenige sich anschauen, wie Forschungsgruppen funktionieren. Zu dem habe ich selbst durch das Projektpraktikum einen Einblick in eine Forschungsgruppe erhalten, konnte aber auch nicht am eigenen Leib erfahren, was es heißt, in einer Forschungsgruppe zu arbeiten. Aus diesen Überlegungen ziehe ich also meine Schlussfolgerung, dass es für SchülerInnen schwer nachzuvollziehen ist, von welchen Faktoren bestimmte Entdeckungen abhängen können.

Wie sehr spielt der Zufall nun eine Rolle beim naturwissenschaftlichen Forschen? Auch der größte Wissenschaftler vermag vielleicht aus genügend Datenmaterial nicht die Schlüsse ziehen können, die ein Nachfolger mit Geschick doch findet. So konnte der Physiker Lorentz die Überlegungen anstellen, dass es eine Längenkontraktion geben sollte, aber erst durch Einstein wurde es bestätigt. Aber ist dies Zufall? Dies ist wohl eine Frage der Definition, die ich mit den Aussagen der befragten SchülerInnen beantworten möchte: es hängt von der Situation und von den ForscherInnen ab.

#### 5.5. Diskussion über die Bedeutung der Geschichte/Historizität

Wie bereits in vorigen Kapiteln erwähnt wurde liegen die Geschichten sowohl zu Volta als auch Faraday schon lange zurück. Wie sehr diese geschichtliche Distanz eine Rolle spielte

bei der Reihung der einzelnen Geschichtsabschnitte möchte ich hier analysieren. Für einige SchülerInnen war tatsächlich der naturwissenschaftliche Arbeitsvorgang in den Geschichten schwer bis nicht vergleichbar mit Forschen von heute. Für SchülerInnen der 7. Klasse um Beispiel ist Forschen heute anders als damals, weil viel mehr Sachverhalte bekannt sind, weil schon sehr viel geforscht wurde. Zum einen stimmt das natürlich auch. Mehr und mehr haben ForscherInnen versucht, sich der vermeintlichen Wahrheit anzunähern. In den Werken von Thomas Kuhn, Herbert Pietschmann sowie vielen anderen Wissenschaftsphilosophen gibt es darüber weitgreifende Auslegungen. Die Frage nach Paradigmen und deren Wechsel ist besonders interessant. Um wieder auf die Bedeutung der Historizität meiner entwickelten Geschichten zurückzukommen: da für einige SchülerInnen ein großer Unterschied darin besteht zwischen damaligem und heutigem Forschen halte ich es für wichtig, diesen Aspekt speziell im Unterricht zu thematisieren. Diesbezüglich könnte man, angelehnt an Höttecke, auch eine weitere Unterrichtseinheit zur geschichtlichen Entwicklung physikalischer Inhalte und den Wechsel von Paradigmen planen. Im Rahmen der Aktivität mit den von mir entwickelten Materialien könnte man mit einzelnen Fragen in diese Richtung die SchülerInnen zu Gesprächen animieren.

SchülerInnen konnten sich zum Teil nicht vorstellen, dass ForscherInnen in der Vergangenheit nur mathematisch geforscht haben. Das hat vermutlich mit der Art meiner Geschichten zu tun. Um die Vorstellungen der SchülerInnen darüber nicht weiter zu schüren sollte speziell darauf hingewiesen werden. Dabei beziehe ich mich auf eine von zwei grundlegenden Strategien zum Konzeptwechsel, um Wissen von SchülerInnen umzuformen (vgl. Wiesner et al., 2015:89). Das Problem, wie im Buch 'Physikdidaktik kompakt' erwähnt wird, liegt darin, dass so Schülervorstellungen zwar behandelt, aber auch oft zusätzlich verstärkt werden. Vielleicht kann man dem entgegenwirken, indem man eine dritte Vergleichsgeschichte hat, in der Forschen von damals hauptsächlich mathematisch war, zum Beispiel die fiktiven Tagebucheinträge von Johannes Kepler zu seinen Berechnungen über die Planetenbewegungen. So kann man im Unterricht auch erst später auf die Schülervorstellungen eingehen und gleichzeitig zeigen, dass auch von der Mathematik ausgegangen werden kann.

## 5.6. Diskussion zur sprachlichen Komponente der Texte

Ein paar SchülerInnen orientierten sich, wie bereits weiter oben erwähnt, beim Ordnen der Textabschnitte an der sprachlichen Zusammenstellung. Sie reihten die Textabschnitte aufgrund ihrer sprachlichen Konsistenz, welcher Abschnitt am Anfang stehen sollte und

welcher eher den Abschluss bildet. Daher habe ich die Texte noch modifiziert und im Anhang die leicht veränderte Variante eingefügt. Mit Wörtern wie 'nun' oder 'dann' habe ich eine zeitliche Abfolge simuliert. Zum Beispiel bei Abschnitt 5 in der Geschichte von Faraday wurde durch einzelne Wörter eine bestimmte Stimmung erzeugt. Die Wörter „...alle werden es sehen...“ implizieren, dass die Entwicklung vielleicht auch erst in der Zukunft stattfindet, die Forschung noch nicht passiert sein könnte.

Außerdem habe ich die Abschnitte auch noch etwas verkürzt. Zum Beispiel den Satz „Trotzdem muss ich dann noch Umformungen vornehmen, da ...“ im Abschnitt 3 ebenfalls in der Geschichte von Faraday habe ich rausgenommen.

Ich versuchte, die Texte noch auf Kürze und Prägnanz hin zu verändern, sodass sie aus einfachen kurzen Sätzen mit hohem Informationswert bestehen (vgl. Wiesner et al., 2015:118). Die Texte wurden nur durch Kleinigkeiten verändert, die meiner Meinung nach die SchülerInnen dazu bringen, die Abfolge zu analysieren, und nicht nur auf die sprachliche Anpassung zu achten.

## 5.7. Mögliche Unterrichtseinheit

Die Interviews haben gezeigt, dass nur durch Zweiergespräche zu diesen Geschichten nicht immer eine Diskussion zu Stande kommt und auch nicht immer unterschiedliche Vorstellungen aufeinandertreffen. Die SchülerInnen haben selten miteinander zu diskutieren begonnen. Oft ist es passiert, dass lange Gesprächspausen entstanden sind. Ich habe dann versucht, durch neue Fragestellungen oder Zusammenfassungen die SchülerInnen zum Weiterreden zu animieren. Dabei habe ich auch einige male zu viel vorgegeben und die SchülerInnen nur zum Zustimmung durch Nicken gebracht.

Zu Beginn einer möglichen Unterrichtseinheit wird erst der Sachverhalt erklärt, wenn in den vorigen Stunden noch nicht zur Natur der Naturwissenschaften gearbeitet wurde. Es besteht am Anfang dieser Einheit die Möglichkeit, die SchülerInnen mit einer kurzen Aufwärmaktivität damit zu konfrontieren. Diese Einleitung kann aber auch weggelassen werden, da die Lehrperson auch mit ein paar Worten kurz erklären kann, worum es sich bei der „Natur der Naturwissenschaften“ handelt.

1. Reihung: Jede/r SchülerIn erhält einen Charakterzug des naturwissenschaftlichen Arbeitens, liest diesen leise durch und stellt sich im Raum auf.

Die Charakterzüge sind: 'Mathematik', 'Wissenschaftliche Gemeinschaft', 'Literatur, Versuche' und 'neue Erkenntnisse'. Dabei sollen sich die SchülerInnen an einer Linie reihen.



Die Linie zeigt 'Anfang' und 'Ende' an (mit einem Malertape kann leicht eine Linie am Fußboden geklebt werden; als Alternative kann auch eine Schnur dienen). Die SchülerInnen sollen ihren Schritt am Rücken aufkleben, wobei die Schritte auf farbigen Karton geklebt sind – so kann die Lehrperson die einzelnen Schritte, wann welcher Schritt gereiht, notieren. Danach können die SchülerInnen ihre Arbeitsschritte wieder runternehmen. Die/der LehrerIn schreibt die erste Reihung anonymisiert an die Tafel.

Schritte der naturwissenschaftlichen Methode: Nun wird den SchülerInnen eine kurze fiktive Geschichte ausgeteilt, verschiedene „Einblicke in das Tagebuch von Alessandro Volta“ and den Tagen, an denen er die Batterie entdeckt hatte (siehe Kapitel 5). Die Idee, die Entdeckung Alessandro Voltas für diese Geschichte zu modellieren, stammt aus dem Buch „Lebendige Physik Teil 2, Optik und Elektrizitätslehre“ von Peter Brüls, in der eine kurze Einführung zur geschichtlichen Entwicklung der Elektrizitätslehre gegeben wird (vgl. Brüls, 1957:22). Die SchülerInnen sollen anschließend bestimmte Zettel sortieren, auf denen einzelne Arbeitsschritte stehen, die in der Geschichte vorkommen. So sollen die SchülerInnen den Arbeitsweg des Wissenschaftlers rekonstruieren und sich Gedanken darüber machen, wann Alessandro Volta welchen Schritt durchgeführt hat. Wichtig bei der Entwicklung dieser Materialien war, dass es den SchülerInnen nicht von vornherein klar sein sollte, die Arbeitsschritte aus der Geschichte „korrekt“ zu rekonstruieren, sodass unterschiedliche Arbeitsweisen möglich erscheinen und möglich sind. Für die einzelnen Schritte sollen sich die SchülerInnen Begründungen überlegen.

2. Suche: Die SchülerInnen gehen in der Klasse herum und suchen KlassenkollegInnen mit der gleichen Reihenfolge. „Die SchülerInnen mit den meisten Übereinstimmungen sollen kurz die eigene Reihenfolge präsentieren und erklären, wie sie auf das Ergebnis gekommen sind“. Dies wird zu Beginn als Arbeitsauftrag gestellt.

3. Vergleich: Nach ein paar Minuten signalisiert die Lehrperson das Ende der Aktivität und zählt die Übereinstimmungen. Danach wird im Plenum die offensichtlich am öftesten aufgestellte Reihenfolge mit den Reihenfolgen der anderen SchülerInnen verglichen und es soll festgestellt werden, dass es unterschiedliche Möglichkeiten gibt, den Arbeitsvorgang zu beschreiben. Nun bekommen alle die Möglichkeit, ihre Reihenfolge zu verteidigen und die Bestehende zu entkräften.

4. Anwendung: In kleinen willkürlich gebildeten Gruppen wenden die SchülerInnen ihre eigene Reihenfolge anhand einer weiteren Geschichte, dem fiktiven Tagebucheintrag von Michael Faraday und seinen Versuchen zur Induktion oder Albert Einstein und seinen Berechnungen zur Konstante  $c$ , an. Die Plakate mit den Entwürfen werden aufgehängt und noch einmal betrachtet.

5. Abschlussfrage: Die Frage soll jede/r SchülerIn für sich im eigenen Heft beantworten: „Wie arbeiten WissenschaftlerInnen?“. Nach Beenden des Beantworten bekommen die SchülerInnen erneut die Arbeitsschritte ausgeteilt, die sie in der einführenden Aktivität bekommen haben, wobei das Austeilen zufällig passiert. Sie sollen sich wieder an der Linie aufstellen, ihren Arbeitsschritt nicht vorlesen und ihn am Rücken befestigen. Erneut notiert sich die/der LehrerIn, welcher Schritt wo zugeordnet wurde und zeigt nachher den SchülerInnen das Ergebnis an der Tafel.

6.a. Optional: Diskussion: Nun werden alle Reihenfolgen betrachtet: die aus der einführenden Aktivität, die durch die Plakate fixierten und die zuletzt aufgestellte Reihenfolge. In einer Diskussion sollen die Reihenfolgen verglichen werden.

6.b. Optional: silent discussion. An den zuvor gestalteten Plakaten wird diskutiert, indem zu den Reihenfolgen Gedanken aufs Plakat geschrieben werden. Es sollen Begründungen aber auch Fragen darauf gestellt werden. Am Ende werden die Plakate in der Klasse aufgehängt, sodass jede/r nachlesen kann.

Als weiterer Arbeitsauftrag wird den SchülerInnen für ein Mitarbeitsplus aufgetragen, selbst einen Tagebucheintrag zu einer kleinen eigenen Forschung zu machen. Dies kann als Schritt zum eigenen Forschen anregen und zum Angewöhnen von protokollieren dienen.

## 6. Fazit

Die Interviews mit den SchülerInnen haben mir gezeigt, dass rein durch eine Zweieraktivität nicht unbedingt das Ergebnis erzielt werden kann, wofür ich die Geschichten konzipiert habe. Da sich für die Gespräche oft Freunde gemeldet haben, hatten diese vermutlich ähnliche Ansichten bezüglich allen möglichen Fragestellungen. Trotzdem bin ich sehr zufrieden, dass die SchülerInnen insgesamt die Geschichten sehr unterschiedlich gereiht haben. Die Testung der Materialien mit den 15 SchülerInnen war im Gesamten gesehen zielführend, da ich Einblicke erhielt, welche Gedanken sie sich über naturwissenschaftliches Forschen bereits gemacht hatten, welche vielleicht noch nicht vorhanden waren. Außerdem bietet eine Aktivität mit dem von mir entwickelten Material eine gute Basis, um damit Unterrichtssequenzen zu Natur der Naturwissenschaften zu gestalten. Für viele der befragten SchülerInnen gibt es bestimmte Merkmale, die im naturwissenschaftlichen Forschen enthalten sind. Diese sind:

1. eine gewisse Fragestellung und Zielsetzung der ForscherInnen, mit der ein Projekt angefangen werden kann.
2. Versuche und Experimente, um das Berechnete auch anschaulich zu machen. Für manche der SchülerInnen gäbe es ohne Experimente keinen 'Beweis'.
3. Zufällige Erkenntnisse, die für ForscherInnen ausschlaggebend seien. Ohne den Zufallsfaktor könnte ein/e WissenschaftlerIn nicht auf die erhofften Ergebnisse kommen.
4. Mathematik als Teil der Forschung, selten aber als alleiniger Wirkungsbereich der WissenschaftlerInnen.

M. E. habe ich das, was ich erreichen wollte, auch geschafft. Es gibt auf jeden Fall noch Bedarf der Modifikation der Geschichten, je nach Unterrichtssituation, in der sie eingebettet werden. Trotzdem habe ich Material erzeugt, dass es SchülerInnen ermöglicht, sich mit der Annahme auseinanderzusetzen, dass es die eine naturwissenschaftliche Methode nicht gibt. Auch durch die zwei von mir gewählten Forscher und deren Geschichten, trotz ihrer zeitlichen Nähe zueinander und ihrem ähnlichen Aufbau im Vorgehen, konnte ich den SchülerInnen verschiedenste Antworten entlocken und sie damit konfrontieren, dass sie untereinander verschiedene legitime Ansichten darüber besitzen. Alleine reicht diese Aktivität m. E. nach nicht aus, um den SchülerInnen bewusst zu machen, dass naturwissenschaftliches Forschen unterschiedlich aufgebaut sein kann, aber es ist ein guter Grundstock für Diskussionen.

Ich möchte noch zusammenfassen, welche Themen mir zusätzlich aufgefallen sind.

Zu einigen Aspekten konnte ich nicht weiterforschen, da diese nicht im Rahmen meiner Forschungsfrage zu beantworten waren, wobei ich sie für erforschungswürdig halte.

Zum einen ist es wahrscheinlich wichtig, sich im Unterricht speziell mit Begriffen wie 'Beweise', 'Experimente und Versuche' sowie 'Methoden', 'Theorien', 'Modelle' auseinanderzusetzen, damit anschließend auch über diese Begriffe im Rahmen der NdN diskutiert werden kann. Manchmal hatte ich den Eindruck, die SchülerInnen haben sich noch nicht viel damit auseinandergesetzt, was zum Beispiel ein 'Beweis' sein könnte.

Abschließend möchte ich noch erwähnen, dass in dieser Forschung verschiedenste Faktoren eine Rolle spielten, die in meine Testung mit eingeflossen sind. Trotzdem habe ich versucht, so objektiv wie möglich die Forschungsfrage herauszuarbeiten und mit den Antworten der SchülerInnen einer Erklärung näherzukommen.

Können die SchülerInnen durch das von mir entwickelte Material jetzt besser einzelne Punkte der NdN verstehen? Können sie zum Beispiel besser über den Punkt „Wann wird Mathematik benutzt beim naturwissenschaftlichen Forschen?“ reflektieren? Durch die richtige Einbettung des Materials denke ich, kann es funktionieren. Lehrkräfte sollten sich immer nach bestem Wissen und Gewissen darüber Gedanken machen, wozu sie bestimmte Materialien einsetzen und welche Methoden gewählt werden (vgl. Wiesner et al., 2015:93). Ein Unterricht soll nicht „zur inhaltslosen Methodenschulung verkommen“ (Wiesner, 2015:98) sondern die SchülerInnen in angepasster Weise und abwechslungsreich mit Sach- und Fachinhalten konfrontieren.

Insgesamt ist nur durch diese Interviews nicht mit absoluter Sicherheit zu sagen, dass das Material für sich den SchülerInnen mehr über die Natur der Naturwissenschaften beibringt, aber mit der richtigen Anleitung durchaus.

## 7. Literaturverzeichnis

ABD-EL-KHALICK, F. (2012) Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. Springer Science+Business Media. Science and Education  
<http://www.bu.edu/hps-scienced/files/2012/10/Abd-El-Khalick-HPS-Teaching-With-and-About-NoS-and-Science-Teacher-Knowledge-Domains.pdf>  
(letzter Zugriff am 3.10.2015)

ABD-EL-KHALICK, F. & LEDERMAN, N.G. (1997) The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. Oregon State: Department of Science and Mathematics Education

ALLCHIN, D. (k.A.) Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. ShiPS Resource Center and Minnesota Center for the Philosophy of Science: University of Minnesota

ALLCHIN, D. (2011) Nature of Science in an Age of Accountability. in: Sacred Bovines: The American Biology Teacher V. 73, Nr. 3, S. 193.195

ALTERS, B.J. (1997) Nature of Science: A Diversity or Uniformity of Ideas? In: Journal of Research in Science Teaching, V. 34, Nr. 10. S. 1105-1108

American Association for the Advancement of Science (AAAS), Project 2061 – Benchmarks for Science Literacy, Science for All Americans  
<http://www.project2061.org/publications/bsl/>  
(letzter Zugriff am 3.10.2015)

ANTENBRINK H. (1979) Planen und Durchführen von Unterricht. Freiburg im Breisgau; Wien: Herder

BLESSING O. (1985) Umwelt vor Gericht. Bonn: k.A.

BLUMÖR R. (1993) Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik. Essen: Westarp Wiss.

BÖCHER, W. (1992) Natur, Wissenschaft und Ganzheit – Über die Welterfahrung des Menschen. Opladen: Westdeutscher Verlag

BROCKMAN, J. (2008) Das Wissen von morgen – was wir für wahr halten, aber nicht beweisen können: Die führenden Wissenschaftler unserer Zeit beschreiben ihre großen Ideen. Frankfurt am Main: Fischer

BRÜLS, P. (1968) Lebendige Physik Teil 2, Optik Elektrizitätslehre. Bonn: Dümmler

DÜRRENMATT, F. (1998[1962]) Die Physiker – eine Komödie. Zürich: Diogenes Verlag

DUIT, R. & GLYNN, S. (1995) Analogien - Brücken zum Verständnis. Naturwissenschaften im Unterricht Physik V. 43, S. 4-10.

DUIT, R. et al. (2010) PIKO-Briefe. Der Fachdidaktische Forschungsstand Kurzgefasst. in: Physik im Kontext. Seelze: Friedrich Verlag

<http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf>

(letzter Zugriff am 3.10.2015)

DUIT, R. (2005) Wie Physikunterricht in der Praxis aussieht. Plus Lucis, Nr. 1-2, S. 9-13  
<http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/051/artikel05.pdf>

(letzter Zugriff am 3.10.2015)

EILKS, I., (2011) Der Klimawandel vor Gericht. Hallbergmoos: Aulis-Verlag

ERTL, D. (2010) Die epistemologischen Überzeugungen der an Science Backstage beteiligten Lehrkräfte. Wien: Diplomarbeit Universität Wien

ERTL, D. (2010) The Nature of Science – Das Wesen/ die Natur Der Naturwissenschaften. Plus Lucis, Nr. 1-2, S. 5-7

<http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/101/S05.pdf>

(letzter Zugriff am 3.10.2015)

Evolution and the Nature of Science Institute <http://www.indiana.edu/~ensiweb/natscilh.html>

GAVROGLU, K. (1995) Physics, philosophy, and the scientific community. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ.

GYNTHER, J. (2008) Black Boxes. Analogien zur Problemstellung in der Naturwissenschaft. in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik. V. 103, S. 24-28

HEINLOTH, K. (2011) Energie für unser Leben in Physik im 21. Jahrhundert. Berlin Heidelberg: Springer

HÖTTECKE, D. (2001) Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. in: Studien zum Physiklernen. Niedderer, H. & Fischler H. Berlin: Logos-Verlag. 16 S.

HÖTTECKE, D.; RIESS, F. (2007) Rekonstruktion der Vorstellungen von Physikstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften, in: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule Phydid 1/6 S.1-14

HÖTTECKE, D. (2008) Was ist Naturwissenschaft? Über die Natur der Naturwissenschaften unterrichten. In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik. V 103, S. 4-11

KIRCHER, E. (2009) Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In KIRCHER E., GIRWIDZ R. & HÄUßLER P., Physikdidaktik. Theorie und Praxis. S. 113-148. Berlin: Springer.

KIRCHER, E., GIRWIDZ, R., HÄUßLER, P., (2007) Physikdidaktik – Theorie und Praxis. Berlin: Springer

KIRCHER, E. (1995) Studien zur Physikdidaktik. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel: IPN

KREMER, K., URHAHNE, D., MAYER, J. (2008) Das Verständnis Jugendlicher von der

Natur der Naturwissenschaften. Wege der Kompetenzförderung und Kompetenzdiagnostik.  
in: VOGT H., KRÜGER, D. & WILDE, M. Erkenntnisweg Biologiedidaktik 6. S. 37-52.  
Kassel: Universitätsdruckerei (od. München)

KREMER, K. (2010) Die Naturwissenschaften verstehen  
<https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-2010091734623/7/DissertationKerstinKremer.pdf>  
(letzter Zugriff am 3.10.2015)

KRUSE, J. (2008) Integrating the Nature of Science throughout the entire School Year. in:  
Iowa Science Teachers Journal V. 35, Nr. 2, S. 15-20, Frühling  
<http://www.iacad.org/istj/35/2/yearlong.pdf>  
(letzter Zugriff am 3.10.2015)

KÜHNELT, H. et al.; WEIGLHOFER, H. et al.; VORMAYR, G. et al. (2007) Entwicklung  
von Standards Naturwissenschaften 8. Schulstufe. Im Auftrag des bifie Salzburg  
[https://www.bifie.at/system/files/dl/bist\\_nawi\\_kompetenzmodell-8\\_2011-10-21.pdf](https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf)  
(letzter Zugriff am 3.10.2015)

KUHN, T.S. (1976[1962]) Die Struktur der wissenschaftlichen Revolutionen, Frankfurt am  
Main: Suhrkamp.

LEDERMAN, J.S.; LEDERMAN, N.G. et al. (2014) Meaningful Assessment of Learners'  
Understandings About Scientific Inquiry – The Views About Scientific Inquiry (VASI)  
Questionnaire. in: Journal of Research in Science Teaching V. 51, Nr. 1, S 65-83.

LEDERMAN, J.S.; LEDERMAN, N.G. (2004) Revising Instruction to Teach Nature of  
Science. k.A.

LEDERMAN, N.G. (1992) Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A  
Review of the Research. in: Journal of Research in Science Teaching V. 29, Nr. 4, S.331-359

LEE, O. (1997) Scientific Literacy for All: What Is It, and How Can We Achieve It? in:  
Journal of Research in Science Teaching V. 34, Nr. 3, S. 219-222



LEISEN, J. (2008). Die kopernikanische Wende. Szenischer Dialog. in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik. V. 103 S. 34-41

MACCOMAS, W. (1998) The nature of science in science education. Dordrecht: Kluwer

MUCKENFUß, H. (1946) Lernen im sinnstiftenden Kontext. Düsseldorf: Cornelsen

National Science Education Standards, National Academy Press, Washington DC 1995

[http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=4962&page=2](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962&page=2)

(letzter Zugriff am 3.10.2015)

NEUBERT, T. (1990) Mehr Erfolg in der Schule Physik : Mechanik, Wärmelehre, Optik, Elektrizität, Atomphysik. Niederhausen: Falken Verlag

OETTINGHAUS, L., LAMPRECHT, J., KORNECK, F. (2012) Überzeugungen zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik – ein Skalenvergleich. Didaktik der Physik. Frühjahrstagung. Mainz: Goethe-Universität Frankfurt am Main

PITTON, A. (2003) Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie, Münster : Lit -Verlag. In: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 23; Jahrestagung der GDCP in Flensburg 2002

PRIEMER, B. (2006) Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 12. S.159-175

ROTTENSTEINER, J. (2012) Erstellung von Unterrichtsmaterialien zur geometrischen Optik. Diplomarbeit. Wien: Universität Wien

HAMMER, C.; Schweiger, R; Winter, J.; Herold, R. (2002) Naturwissenschaftliches Arbeiten, SINUS Bayern, Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München  
[http://www.sinus-bayern.de/userfiles/Broschuere\\_2002/Kapitel1.pdf](http://www.sinus-bayern.de/userfiles/Broschuere_2002/Kapitel1.pdf) und <http://www.sinus-bayern.de/index.php?Seite=6947&> (letzter Zugriff am 3.10.2015)

SOLOMON, J.; SCOTT, L.; DUVEEN, J. (1995) Large scale exploitation of pupils'

understanding of the nature of science. in: Tijdschrift voor Didactiek der  $\beta$ -wetenschappen V. 13, Nr. 2, S. 73- 84

<http://www.fisme.science.uu.nl/tdb/fulltext/199502-solomon.pdf>

(letzter Zugriff am 3.10.2015)

SOLOMON, J.; DUVEEN, J.; SCOT [sic] , L. (1992) Teaching About the Nature of Science through History: Action Research in the Classroom. In: Journal of Research in Science Teaching. V. 29, Nr. 4, S.409-421

STRAHL, A. (2014) Einführung in die philosophischen Grundlagen der Natur der Naturwissenschaften. Praxis d. Naturwissenschaften Physik. In: Wissenschaftstheorie und Nature of Science, V. 63, S. 5-10

UHDEN, O. (2012) Mathematisches Denken im Physikunterricht. Theorieentwicklung und Problemanalyse. in: Studien zum Physik- und Chemielernen Band 133, Berlin: Logos

VOLLMER, G. (2014) Die naturwissenschaftliche Methode – gibt es die? In: Wissenschaftstheorie und Nature of Science, V. 63, S. 11-17

WIESNER, H. & WODZINSKI, R. (k.A.) Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. in: S. 250- 274.

WIESNER, H.; SCHECKER, H.; HOPF, M. (2015 [2011]) Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag

WODZINSKI R. (2004) Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. in: MÜLLER R., WODZINSKI R. & HOPF M. (2011) Schülervorstellungen in der Physik. Köln: Aulis Verlag S. 23-36

## 8. Reinschriften der Interviews

### Schule 1

#### 4. Klasse

#### Interview 1, S1 (w) und S2 (w)

Nach kurzem „Hallo“ schauen sich die Schülerinnen S1 und S2 die Geschichtsabschnitte an.

I: „Ganz kurz no, die weißen Texte sind Einführungstexte, dann wissts zumindest, worum's geht“

S1: „Mh“

3 min 1. Geschichte (S1 hat Text über Faraday, S2 hat Text über Volta)

I bereitet zwei Stifte und zwei Zettel vor

ein bisschen Lärm im Gang

nach 2:32 S2 mit Geschichte fertig

I: „fertig? Super. Schreib mir bitte hier einfach deine Reihenfolge auf“ gibt S2 den Zettel und Stift

S2: „des...“ zeigt auf die Zettel

I: „Von den Farben der Zetteln, genau“

I: „Du bist es? Einfach die Reihenfolge aufschreiben... super.“ gibt S1 den Zettel und Stift.  
„Kannst es mir wieder geben... Dankeschön“ - S2 reicht Block mit Stift zurück  
„beziehungsweise, eigentlich brauchst du es bei der zweiten Geschichte auch“

3:17 beide Schülerinnen sind fertig mit dem Reihen und Aufschreiben

I: „so, dann tauschts ganz wild herum“

5:40

S1/S2 schreiben wieder Reihenfolge auf

I: „und da schreibst noch kurz Volta“ zu S1

I: „wunderbar, jetzt schau wir uns gleich amal die Volta-geschichte an. Wo ist die..., da... eh... du hast sie so aufgelegt. Wie war deine Reihenfolge?“

S2: „orange blau rot rosa gelb“

I: „ok... ahm ... legen wirs amal so auf, wie du des aufgeschrieben hast, des heißt wir verändern jetzt des... ja“

S1: „... blau rot rosa und gelb“

I: „Ok, was... was heißt des für euch, dass ihr des so unterschiedlich geordnet habts, warum passt des so für di, also im ersten moment halt hast es du anders ghabt. Warum hättest du zum beispiel des blaue zuerst gewählt“

S1: „ ahm, weil er eine Frage gestellt hat, also, wie er das gemacht hat. Also zuerst sagt er, was er... was er wissen will, und wie er es erreichen will.“

I: „des heißt für di is am Anfang eine Fragestellung wichtig, ja“

I: „warum ist für dich des orangene das erste?“

S2: „mmmh, naja, dass es ... der Freund ihm eine gewisse Sache empfohlen hat und dann hat er sich die Frage gestellt, wie er es machen kann und baut darauf seine Experimente auf“

I: „des heißt, für dich gibt es einen Anfang, irgendwann so eine Anfangsfrage die er von einem Freund kriegt. Es ist ein unterschiedlicher Anfang, wie Volta es experimentiert hat?“

S2 nickt

I: „... seht ihr da irgendein bestimmtes Muster, ist des für euch etwas ganz spezielles, oder kann i, wenn i jetzt sag: für mich wäre die Reihenfolge jetzt so, .... glaubt ihr, dass des auch funktionieren würde, ... wenn i einfach de Reihenfolge von den Abschnitten verändere“

S1: „naja, am Schluss sagt er halt, dass er das vorführen will, dass seine Entdeckungen, ... die er schon gemacht hat. Wenn er zuerst sagt er will die Entdeckungen vorführen, die er gemacht hat und danach sagt er..

I: „ danach hat er erst die Entdeckung? Ist ein bisschen schwierig, diese Reihenfolge, stimmt.... was ist, wenn es andere Entdeckungen sind? Wenns gar ned um die Entdeckung da drin ginge? wär des dann möglich?“

S1: „ja dann schon...“

I: „schaun wir uns mal die andere Geschichte an. Du hast diese Reihenfolge, wie ist des bei dir beim Faraday“

S2: „ blau orange rosa rot gelb ... äh ... zuerst, also der Gedankenansatz, also der Wille, ahm ... sein .. also mit seinen Entdeckungen die Welt zu verändern, und darauf baut er quasi seine versuche auf“

I: „ des heißt, da ist die Motivation auch wieder ganz wichtig. Er mag was verändern“  
„ du hast was für eine Reihenfolge“

S1: „ also ich hab das blaue ganz zum Schluss. Ich hab rot gelb rosa orange blau.“

I: „ mhm, des heißt....rot ist der Anfang, was war da“

S1: „ ich bin schon wieder so weit.... also da sagt er... dass er.... was jemand entdeckt hat und dass er das auch gerne entdecken würde, oder wie das geht.... also da sagt er, jemand hat das entdeckt und wie“

I: „des heißt... er würds einfach gerne selbst herausfinden, wie es weitergeht...?“

S1: „mhm.“

I: „ahm, sehts ihr da Gemeinsamkeiten in den Geschichten, wie die arbeiten? .... also es geht halt um die Reihenfolge ... der einzelnen Schritte....“

S1: „also zu der und der Geschichte“

I: „genau“

S1: „also...“

S2: „beide wollen was erfinden und was revolutionieren“

S1: „beide setzen sich ein ziel und wollen es dann erreichen und groß rausbringen“

I: „mhm. Und wie gehen sie dabei vor? Also habts ihr, also jede für sich, da erkannt, wie die vorgehn, so auf die art: der macht des so wie der andere, oder ist des anders “

S1: „naja, zuerst setzen sie sich ein Ziel, was sie gerne erreichen würden, und danach schauen sie halt wie das gelingt und probieren halt verschiedene Sachen aus.“

I: „wie ist das mit den Ergebnissen, wie gehen die damit um?“

....

S1: „sie wollen sie mit anderen teilen....oder“

S2: „vielleicht auch mit Erfolg...“

I: „was ist mit den Versuchen, die nicht gelingen... ist das dann auch eine art von Ergebnis, oder ist das dann kein Ergebnis ?“

S1: „naja schon....“

S2: „ es is schon eine art von Ergebnis, es is halt kein besonders positives Ergebnis,aber es ist ein Ergebnis. Er hat's auf jeden fall probiert, und es hat halt nicht funktioniert und dann probiert mas vielleicht irgendwann anders nach ein paar Jahren nochmal.“

S1: „es beweist halt was anderes, es beweist halt nicht, dass es.... es beweist halt, dass es vielleicht nicht funktioniert.“

I: „mhm, ist zum Beispiel das Ergebnis präsentieren in der wissenschaftlichen Gemeinschaft ... was ist, wenn der Schritt nicht da wär, so auf die art: er hat keine Ergebnisse gehabt, oder die Ergebnisse sind nicht zufriedenstellend gewesen? Was macht ein/e WissenschaftlerIn, wenn auf einmal ihre Experimente genau nicht des ergeben, was sie ergeben sollen, was kann man.. was könnte dann sein?“

S2: „Weiterexperimentieren, vielleicht was verändern in der Formel, dass es irgendwie anders möglich ist...“

I: „Also mathematisch? – S1 nickt – zum Beispiel? oder eben im Versuchsaufbau? Was ist für euch, wenn ihr euch überlegts, ... wie arbeiten Wissenschaftlerinnen? Wie passiert des?“

S1: „Naja, meistens passiert's ja auch unabsichtlich. Also, dass sie jetzt..“

S2: „... durch Zufall...“

S1: „... durch Zufall... der hat jetzt zum Beispiel durch seinen Nasenspray ....hehehe.... oder der, weiß jetzt nicht genau...“

S2: „Naja durch Zufall, und dann auf dem basierend dann halt so weiterforschen. Vielleicht auch so einfach, dass man sich denkt... keine Ahnung... was hab ich zu verlieren und alles mögliche zusammenschütte oder irgendsowas...“

I: „mehr ausprobieren, in dem Sinne.... woher kriegt man dann zum Beispiel die Möglichkeit, dass man wirklich in eine Richtung forscht? Es ist ganz oft so in der Physik zum Beispiel ... dass dann die Leute in einem bestimmten Gebiet forschen. Wie könnte es für euch da aussehen?“

S1: „wie jetzt, was die forschen oder...?“

I: „genau, wie die vorgehen, wie die arbeiten?“

S2: „analysieren vielleicht, wenn die jetzt im Gebirge.. also Gebirge... in irgendwelchen Höhlen forschen, die ... keine Ahnung, die Wände, die Steinwände vielleicht analysieren, wie hart... was ist das für hartes Gestein, was kann ich damit machen, was kann ich nicht damit machen, was könnte das der Menschheit oder mir nutzen, was könnte ich verbessern...“

I: „des heißt es immer so ein... trotzdem so ein Vorgang, man geht rein, man analysiert es und schaut, was kommt raus? Also beim Vorgang wie es bei den beiden Geschichten ist... sie haben beide ein Ziel, wie ihr gesagt habt, das wollen sie irgendwie erfüllen, auch wenn es unterschiedliche Ziele sind, aber ... man hat ein Ziel, man arbeitet dran und hat ein Ergebnis... seh ich da richtig, dass das für euch die parallelen in den Geschichten sind...?“

S1: „joa...“

I: „des ist jetzt alles rein fiktiv von mir erfunden, die Geschichte an sich gibt's, nur halt nicht als Tagebucheintrag. Jetzt hab ich mir zum Ziel gesetzt, dass ihr euch überlegen könnt, wie könnte das auch anders funktionieren. Des heißt, wenn man die Zettel jetzt vertauscht, wie könnte man zum Beispiel von dem roten Schritt auf den orangenen Schritt kommen? Geht das?“

S2: „naja, ja, wenn er da quasi aufgegeben hat, und dann ist...“

S1: „warum hat er da aufgegeben?“

S2: „naja, ich bin schon wieder so... ich kann meine Augen kaum mehr aufhalten und bin schon kurz vorm Aufgeben.... wenn man dann denkt, er bleibt also trotzdem dran.... also die Geschichte einer meiner Handlanger geht mir nicht mehr aus dem Kopf, also die Motivation ist nicht so wirklich da, aber der Gedanke ist da, also.... dass er dann vielleicht an dem besser

sich denkt, es geht mir nicht mehr aus dem Kopf, 'irgendwie muss es ja gehen' und dass er dann weitermacht...“

I: „des ist jetzt aber nicht deine Reihenfolge gewesen, bei dir wars anders, oder? ... Genau, so... jetzt hast es aber vertauscht und hast für dich selber auch eine Argumentation gefunden....

S2: „es wär eine Möglichkeit...“

I: „es wär also eine Möglichkeit. Schaun wir nochmal schnell beim Volta.... da war blau rosa rot gelb orange.... wenn man das jetzt ändern würde, sag ma mal, wenn man die zwei austauschen würde. Kommt man von dem schritt auf den...? geht das?“

S1: „ja es ist halt ein großer schritt.... da fragt er sich, wie es geht, und da halt hat er es irgendwie schon herausgefunden....

I: „da fehlt dann was?“

S1: „naja, wenn man es jetzt nur so lesen würde dann nicht. Aber...“

I: „wenn nur die zwei schritte da wären... was fehlt dann für dich da dazwischen? Also rein von den Arbeitsschritten her, was passiert da...?“

S1: „naja,... also wenn jetzt da.... es is halt... wenn da.... he,... ich weiß nicht, wie ich es erklären kann, aber hier hat er halt noch das näher beschrieben, was er gemacht hat“

S2: „die Zwischenschritte...“

I: „diese Zwischenschritte, wie er arbeitet. Also wie er... da hat er diese Fragestellung, wie du gemeint hast, und da ist es irgendwie... da fehlt die Beschreibung, was er eigentlich macht..“

S1: „ noch genauer, ja...“

S2: „vielleicht dass ihm dahinter... dass man sagt,ich hab die Idee, und dann hab ich die Lösung, und das bringt mir aber nichts, weil ich nicht nachweisen kann, wie ich es gemacht hab.“

I: „mhm, was ist, wenn es schon eine Lösung gäbe, und ich nur versuche, herauszufinden, wie es funktioniert... ähnlich wie in der Geschichte mit Galvani und seinen Froschschenkeln. Da hat man ein Ergebnis, so ein bestimmtes Ergebnis war schon da. Sie haben nur probiert, herauszufinden, warum.

S1: „,jaaaa....“

I: „Sagen wir mal, es gibt schon den mathematischen Beleg, dass etwas funktioniert. Ist des auch eine Möglichkeit, von dem auszugehen? Dass man von da aus Experimente plant, oder ist es eher anders herum?

S1: „also dass man dann schon das Ergebnis hat und dann....

I: „genau, is es... also habt ihr des Gefühl, dass des möglich ist?

S1: „man kann das Ergebnis als Fragestellung auch sehen... also, der hat das gemacht... es ist eh so wie hier, aber wie hat er es gemacht... und dann kann man es auch experm.... ex.. experimentieren...

I: „experimentell probieren, ja, passt gut..“

S1: „und dann kann man halt auch irgendwie drauf kommen, wie er es gemacht hat... „

I: „mhm. jetzt noch einmal zurück zu dieser Anfangsfrage, vom Vorgang her. Ist es eher gleich, was die zwei machen, oder ist es eher stark unterschiedlich...wie die vorgehen?

S1: „es ist schon ähnlich, aber ja....

S2: „jaaa... ähnlich aber nicht komplett gleich, also: die idee, der weg, das ergebnis... aber es ist halt nicht identisch, aber es hat halt ein gewisses muster“

I: „okey, ja, super, des wars im prinzip, vielen dank.“

## **Schule 1**

### **4. Klasse**

#### **Interview 2, S3 (w) und S4 (m)**

Nach kurzem „Hallo“ schauen sich die Schülerin S3 und der Schüler S4 die Geschichtsabschnitte an.

**3:58**

I: „musst noch ein bisserl warten, dann kannst du de zweite Geschichte lesen“

S4: „ja...“

**4:14**

I: „super, aah...tauschts die Geschichten mal...so..ja, dann schreiben wir da no kurz dazu, des war jetzt Volta, und magst du dort noch ein f dazumachen, dass klar ist.... von welcher Geschichte das war“

S4:“ und das gleiche jetzt nochmal?“

I: „genau, das ist nämlich eine andere Geschichte...“

S3: „was studieren Sie?“

I: „Physik und italienisch... “

**8:03**

I: „dann mach i da no kurz... des is jetzt Faraday... und magst du da Volta dazuschreiben...? jetzt hätte ich gerne, dass diese Reihenfolge, mit denen, du dir anschaust, und dass diese



Reihenfolge du dir anschaust. einfach nur, dass ihr es vergleicht.“

S3: „ok, also zettel tausche....?“

I: „aah, nein diese zettel hier, die kleinen, genau... und die Reihenfolge, die du gemacht hast, die leg i da jetzt einfach auf... was war dein erstes?“

S3: „ blau, orange, rosa, rot und gelb.“

I: „so, jetzt hätt ich gerne, dass ihr euch diese Reihenfolge.... des war deine Reihenfolge, oder? Stimmt des? – I schiebt zettel zu S3 – ... dass euch ihr diese Geschichten jetzt durchlest und schauts, was bei euch anders oder gleich war“

S4: „Ist das jetzt die erste, oder die zweite?“

I: „des is... da sind immer die Buchstaben...“

S4: „aso, danke“

**9:54**

I: „ist bei dir viel anders? Oder... ist etwas anders? ....“

S3: „das und das ist gleich.... nur da is bei mir blau, und da gelb und da rot“

I: „Ok, was is da die Reihenfolge, wie würdest es grob beschreiben?“ zeigt auf 'andere' Reihenfolge „wie geht Faraday da vor? Was macht der?“

S3: „naja, hh, nach seinem ... nach einer pause will er halt wieder ... den kompass... erforschen, also den... und er forscht halt.“

I: „ok, des heißt...“

S3: „ja...“

I: „... die schritte vom forschen sind anders?“

S3: „ja...“

I: „ und was ist ganz am Schluss?“

S3: „ahm... ja, dass er fast aufgebn hat...“

I: „mhm, aber dann...doch weitermacht?“

S3: nickt...

I: „was ist bei dir anders oder gleich?“

S4: „da ist eigentlich alles anders...“

I: „wie ist da jetzt der Vorgang? Wie würdest du des beschreiben?“

S4: „also hier hat er sich überlegt, eine Stromqu... eine Glühbirne zum leuchten zu bringen, aber er wusste nicht genau, wie er's macht, also hat er viel herumexperimentiert“

I: „ja...“

S4: „und zum Schluss hat er's dann doch noch geschafft, was er nicht geglaubt hat.“

I: „ist das jetzt deine Reihenfolge gewesen oder die, die hier aufgelegt ist?“

S4: „die, die da aufgelegt ist.“

I: „ok, wie würdest es du sagen, wie war dein erster Gedanke? Wie hast es du da...? womit hat er gestartet zum Beispiel?“

S4: „na dass er seit einigen Jahren probiert hat, eine Glühbirne zum leuchten zu bringen, es aber nicht geschafft hat. Und dann hat er's halt immer wieder weiterprobiert.“

I: „mhm... und der erste Schritt hier.... da sind diese Versuche von Galvani, auf die er sich beruft ... des heißt bei dir is die Reihenfolge“- S4 schaut verlegen drein „... werds mal kurz auflegen.... orange dann blau, was war deine Überlegung, weil... es kann ja genauso gut stimmen, was war da? Warum hat er da erst später... warum ist der blaue zettel zum Beispiel später bei dir?“

pause

I: „da hat er zuerst versucht, und dann hat er mit...? was war des für dich?“

S4: „vielleicht also, er hat als erstes ein paar Experimente durchgeführt und danach, als er's nicht geschafft hat, hat er sich vielleicht von einem anderen, wie hier zum Beispiel Galvani, sich es anschaut, wie er es gmacht hat, und dann...“

I: „des heißt er hat wieder einmal gschaut, wo es was noch gibt zu dem Thema.“

S4: „mhm..“

I: „ahm, gibt's für euch Parallelen, also sind diese Geschichten vom Vorgang her gleich? Arbeiten der Volta und der Faraday da gleich oder eher unterschiedlich? Wie würdets ihr des sagen?“

pause

I: „habt's ihr des Gefühl die gehen gleich vor? Ham die gleiche Schritte? Oder is es ganz anders? Hat da jeder einen ganz anderen Start?“

S3: „naja, a bissl unterschiedlich schon....“

I: „mhm, worin unterscheiden sie sich?..... wo findest du des, dass es anders is?“

S3: „naj... also....“

pause

I: „nur ganz grob. Zum Beispiel, wie sie mit den Ergebnissen umgehen? Oder wie ist es, wie sie forschen? Wo ist da überhaupt ein Unterschied? Kann ja auch sein, dass kein unterschied da ist...“

pause

S3: „ahm....“

pause

I: „ist für euch des gleich, also ist für euch der Vorgang, wie Volta anfängt auch genau so, wie der Faraday anfängt?“

S4: „irgendwie schon, ja....“

I: „mhm, und wie fangen sie an?“

S4: „Naja, am Anfang haben sie sich eben ein Ziel gesetzt, zum Beispiel Volta glaub ich wollt eben eine Stromquelle zum leuchten bringen und hat's eben dann versucht...“

I: „mhm“

S4: „und... Faraday wollte halt einen Kompass erschaffen....“

I: „wie gehen die zum Beispiel mit Ergebnissen um? Was machen die, wenn auch einmal das Experiment zu keinem Ergebnis führt?... was macht da Volta? Der experimentiert ja auch? Was passiert da mit dem Ergebnis?“

Pause

S4: „also der Volta wollte eine Glühbirne zum leuchten bringen und am Anfang hat er es nicht oft geschafft, und deshalb glaub ich is er eben ... hat er eben Galvani...geschaut, wie er es gemacht hat und sich dann etwas abguckt oder so....“

I: „mhm. Hat er was mit den Ergebnissen gemacht? ... aaah, irgendwo ist da der punkt mit der wissenschaftlichen Gemeinschaft.... wie beim Faraday... Hat der, hat der probiert, das Ergebnis zu publizieren? Steht des da irgendwo?“

S3: „ahm... nein....“

I: „also er wollte einfach forschen?“

S3: „ja...“

I: „was macht, glaubt's ihr, eine WissenschaftlerIn mit dem Ergebnis?.... was glaubt's ihr bringt des....ein Ergebnis von solchen Experimenten? ..... bringt des überhaupt was, das forschen? “

S3: „schon, ja...“

I: „diese Ergebnisse, was glaubt ihr passiert dann, wenn ein Ergebnis da ist?“

S3: „er zeigt's mal wem anderen....“

I: „mhm... und machen wir dann was damit, oder macht er dann was damit? Für wen bringt des was?“

S3: „eigentlich uns?“

I: „Gibt's da eine bestimmte vorgangsweise wie ihr glaubt's 'genau so, wie der in dieser Geschichte arbeitet, arbeiten die Wissenschaftler auch' ? Wissenschaftlerinnen auf der Uni zum Beispiel oder in einzelnen Forschungseinrichtungen... glaubt ihr dass des so vorgeht wie in den Geschichten? Oder glaubt ihr is da was anders?.....“

S4: „ich glaub schon, dass es so wie in den Geschichten ist, dass sie es am Anfang probieren, und wenn sie es nicht schaffen, mit jemandem entweder zusammenarbeiten oder sich was anschau'n... und das dann umsetzen“

I: „und am Anfang... ist ein Ziel, dass sie sich setzen?“

S4: „mhm“

I: „woher könnte denn das Ziel kommen, des sie sich setzen?“

pause

I: „was glaubt's ihr? Stellt's euch vor da ist irgendwo jemand.... stellt's euch mich vor, ich bin ja auf der Physik, jetzt da, auf der uni, und möchte gerne was forschen. Wie komm ich auf dieses ziel? Was könnte ein Grund sein?“

S3: „weil's mich interessiert?“

I: „ja, weil's mich interessiert. Ja, genau, was könnte noch so ein Grund sein?“

S3: „weil ich ....hhhhh“

S4: „weil es sonst davor noch niemand gemacht hat....“

I: „mhm, genau, so ein bissl so Entdecker spielen... wie glaubt ihr haben die da angefangen?

Is es eher so, dass sie schon was bestehendes g'habt haben und es dann erarbeitet haben oder haben die eher so g'sagt, ich erfind jetzt was neues...., oder haben sie weder noch g'macht?

S4: „ich glaub Volta hatte schon die Batterie erfunden... und ich glaub halt, dass er mit der Batterie etwas... eben eine Stromquelle zum leuchten bringen wollte.... deshalb.....

I: „also weiterentwickeln...und Faraday, der hat ... wie angefangen? Der hat... was ist bei dir der erste schritt....“

S3: „ahm....“

I: „der rosarote...“

S3: „ok, dass er... er hat's auch schon mal probiert... und a pause g'macht, weil er's nicht g'schafft hat. Und jetzt, wo die Batterie da ist, will er des nochmal probieren...“

I: „des heißt, er hat wieder neuen Mut gefasst...? wenn i euch jetzt mal zusammenfassen darf, und wenn i irgendwo was falsches interpretiert hab sagt's mir's: des gleiche bei beiden is, dass sie ein ziel haben, und dann experimentieren sie halt auf unterschiedliche art, und dann... gibt's ein Ergebnis....?

S3: „mhm“

S4: „ja“

I: „was ist jetzt wenn ein versuch so ausgeht, dass es nicht wirklich zu dem kommt, was man glaubt, dass es is. Was passiert dann, glaubt's ihr?

S3: „sie sind enttäuscht...“

I: „sie sind enttäuscht, ja des glaub ich auch, da bin ich ganz deiner Meinung...“  
S4: „ich glaub, sie versuchen's weiter, mit neuen Experimenten...“  
I: „und was is, wenn sie keine Ideen mehr haben?“  
S4: „dann fragen sie wen anderen“  
I: „so wie du davor gemeint hast mit'm Galvani, stimmt's? Das heißt, dass er sich auf etwas beruft... könntet ihr euch des vorstellen, nur so eine Idee, es existiert was Mathematisches und sie denken sich, wie kann ich des jetzt experimentell umsetzen ... ist des.... glaubt ihr is des... möglich, oder ist des eher unwahrscheinlich? Dass man zuerst experimentiert oder zuerst mathematisch was macht?“  
S3: „hmmm... wahrscheinlich egal, oder?“  
I: „egal? So, man könnt genauso zuerst mathematisch was aufstellen?“  
S3: „ja, ich glaub schon, oder?“  
I: „es is grad wichtig, wie ihr euch des vorstellt ... ja, also, du glaubst es geht beides? Was ist mit dir?“  
S4: „ich glaub man muss als erstes mathematisch vorgehen, dass man weiß, ob es überhaupt funktioniert....oder nicht...“  
I: „also ein Grundgerüst mathematisch darstellen?“  
S4: „mhm“  
I: „es ist... es kommt immer natürlich auf die Situation drauf an, und auf de Experimente. Die beiden da haben ja... bei beiden ist es sehr lange... schon her, dass die experimentiert haben und da hat es nur begrenzte mittel gegeben. Wie glaubt ihr is es damals passiert, wenn sie dann Ergebnisse ghabt haben, die ned so waren, wie sie wollten. Sie dann eventuell sogar nicht mehr weiter experimentiert haben? Was haben sie dann mit diesen Ideen g'macht?“  
S3: „aufgeschrieben...“  
S4: „ja, oder weggeschmissen...“  
I: „mhmmm.... ja“  
S4: „ja, kann auch sein...“  
I: „stimmt, kann auch sein. Ja,...im Prinzip war's des schon, i wollt gern eure vergleiche haben... Dankeschön“

## **Schule 2**

### **5. Klasse**

#### **Interview 3, S5 (m) und S6 (m)**

1. G: Volta, 2. G: Faraday

kurze Erklärung, wer ich bin, was ich mache

S5 und S6 lesen den Text über Volta

**5:40**

I: „so und jetzt hätt i gern, dass ihr euch die andere Reihenfolge anschauts, und gemeinsam drüber redet, welche die richtige Variante sein könnte. Also was beim anderen rausgekommen ist.... die Farben sind da unterschiedlich, des heißt, ihr müsst die Texte vergleichen, schau was in den Texten steht...“

S6: „ok.... ehm...“

I: „ihr überzeugt jetzt den anderen von eurer Version“

S6: „also ich hab als erstes .... ahm,... dass er eben ... immer wieder verschiedene Vorrichtungen gebaut und unterschiedliche Materialien benutzt hat, zum Beispiel das Eisenplättchen durch Zink zu ersetzen...ehm-...und so weiter.“

S5: „also ich hab das als Letztes.“

I: „warum? Warum ist das für euch bei dir das Erste und bei dir das Letzte?“

S5: „Weil zuerst steht, wie er das geschafft hat, und später hat er das schon gewusst. Und es geht schon, also herumexperimentiert mit verschiedenen Materialien und es hat immer funktioniert und daher ist er jetzt der Erfinder der Batterie“

I: „mhm... was ist bei dir dann der zweite Schritt?“

S6: „ehm... bei mir ist der zweite Schritt: ich probierte vor einigen Tagen .... mit Kupfer und Eisen.... ein ähnliches Ergebnis wie Luigi und seinen Froschschenkeln zu bekommen...“

S5: „ja ich hab das jetzt halt als Erstes.“

I: „mhm. Was ist bei dir dann das Letzte gewesen?“

S6: „ahm.... Luigi...Galvani... hat meine Rechnungen überflogen und .... ja und so weiter.“

S5: „wir haben halt eigentlich genau das selbe nur dass bei dir halt mein Vorletztes als Letztes ist.“

S6: „ja...vertauscht...heh“

I: „was ist jetzt, wenn ich sage, der erste Schritt ist der...“ (Zettel mit Formel  $U=R \cdot I$ )

S5: „ich glaub nicht, denn da würde man mitten in der Geschichte anfangen...“

I: „des ist schon super, wie ihr des hier aufgestellt habt. Was ist, wenn ich jetzt unabhängig von dieser Geschichte sage, ich gehe nur von der Mathematik aus. Es hat irgendjemand schon gerechnet und ich sage: dazu will ich experimentieren! Könnt ihr euch das vorstellen? Dass es sowas gibt?“

S5: „grundsätzlich schon...“

I: „wie würds dann ausschauen, wenn ihr jetzt unabhängig von der Geschichte die Schritte konstruieren müsstet.“

S6: „also sollen wir das einordnen?“

I: „genau, wie würde es dann aussehen, was könnte der nächste Schritt sein“

... lesen

S6: „ich würde eh wieder mit dem anfangen: ich habe viele verschiedene Vorrichtungen gebaut... „

I: „Jetzt hab ich noch eine andere Geschichte. ... da fängt es wieder mit dem Weißen an...“

S5 seufzt und verdreht die Augen

I: „und da ist genau der gleiche Arbeitsauftrag wie vorher“

**9:02**

Schüler lesen die zweite Geschichte (Faraday)

**11:52**

I: „so bitte, überzeugt euch gegenseitig, schaut mal, wie ihr des geordnet habt“

S5: „ ja das erste haben wir gleich, ich will die Welt revolutionieren. Das ist ein guter Beginn. Aaaahh... dann...

S6: „ja ich glaub das Zweite hab ich falsch...“

I: „ was hast du da gewählt?“

S6: „ich hab da gewählt: nachdem ich eine Pause von 5 Jahren gemacht habe.... so...“

I: „und dass er sich dann doch wieder dazu entschieden hat, zu experimentieren. Was ist im Gegensatz bei dir der zweite Schritt?“

S5: „ich habs genau umgekehrt gemacht. Ich hab: ich bin schon wieder soweit, ich bin schon fast am Aufgeben.... und dann hab ich halt: nach 5 Jahren Pause... „

I: „mhm, und bei euch sind dann die letzten beiden wieder umgedreht, oder?“

S5: „genau“

I: „des heißt bei dir hat er zuerst die Formel aufgestellt und der letzte Schritt ist dann?“

S6: „dass er die Magnetnadel dann doch zum drehen gebracht hat.“

I: „ok also so: meine Versuche haben das und das bewirkt.... und bei dir wars anders?“

S5: „weil ich denke, da steht was von den Versuchen, und also, dass sich das nicht mit den Versuchen in Einklang bringen lässt. Und da sind halt die Versuche schon passiert,...“

I: „mhm, jetzt kurz nochmal zurück zur anderen Geschichte, im Vergleich. Habt ihr das Gefühl, das ist ein sehr gleicher Vorgang, oder es ist ganz unterschiedlich, wie die Forschen? Kann man das vergleichen?“

S6: „grundsätzlich hat man bei beiden Versuche machen müssen, um etwas herauszufinden. Rein wissenschaftlich... wissenschaftlich gesehen ist es schon ähnlich.“

I: „und was war ganz am Anfang bei beiden?“

S6: „am Anfang wussten sie nicht, was man genau machen muss... also sie hatten eine Vorstellung und wollten es verwirklichen, am Anfang hat es nicht geklappt und dann ... ist es höchstwahrscheinlich durch Zufall so passiert.“

I: „mhm, wie sind sie dann weiter vorgegangen, nachdem sie sich die Überlegungen gemacht haben? Würdet ihr aus diesen Geschichten jetzt allgemein sagen können.... wenn ich jetzt irgendeine Wissenschaftlerin hernehme... ich studiere Physik, ich gehe auf die Uni und sage: ich will bei dieser Gruppe mitforschen. Wie würde ich da, diesen Geschichten zufolge, vorgehen? Also gibt es da ein Muster? Oder nicht?“

S6: „nicht wirklich. Also ich glaub, es ist eher so Zufall, ob man draufkommt oder nicht. Man braucht ein gutes Gehirn. Logisch denken. Dann ist das eigentlich...“

I: „glaubt ihr, dass es bestimmte Schritte gibt, die bei mir auf jeden Fall vorkommen würden? Wenn ich jetzt forsche?“

S5: „auf jeden Fall das Experimentieren.“

I: „ok..“

S5: „Und also ...durch etwas...wenn man.. auf etwas also durch Zufall stößt... ja, dann... beim experimentieren... dann kann man weiter Formeln draus ziehn...“

I: „ok... es gibt in der Physik einen Bereich, der nennt sich theoretische Physik. Da findet total viel am Papier oder am Computer statt. Jetzt überlegt euch: diese Versuche aus den Geschichten sind ja schon ewig her... damals hats noch keine Computer gegeben... wie würde das heute aussehen, wenn jemand mit dem Computer arbeitet. Macht der so auch Experimente?“

S5: „ja also, wenn wir das heute noch nicht wüssten, was wir jetzt wissen... also wir haben andere Fakten, mit denen wir wahrscheinlich daraus Sachen erschließen könnten für dieses Experiment, was heißen würde, dass es schon auch nur in der Theorie möglich wäre, so was rauszufinden.“

I: „irgendwo beruft er sich auf Literatur... da gibt es eine Stelle, wenn ich nicht mehr weiterweiß, dann muss ich Literatur zu Rate ziehen. Was würde das bedeuten... wenn ich etwas berechne, und draufkomme, das Experiment ergibt ein anderes Ergebnis, als ich wollte... ist es dann trotzdem wissenschaftliches Forschen? Wenn er merkt, dass es etwas nicht erwartetes ergibt?

S6: „es kommt drauf an. Wenn er jetzt zum Beispiel einen Durchbruch macht, zum Beispiel



er will jetzt wieder an der Batterie oder etwas Forschen, er schafft es nicht und macht irgendeinen Durchbruch bei Krebsforschung zum Beispiel.... zum Beispiel, dass man es mit Stromschlägen wegbekommt... das ist schon wissenschaftlich....“

I: „Auch wenn er es vorher nicht irgendwie absehen hat können“

S6: „...ja....“

I: „ok... schreibt ihr mir die Reihenfolge auch noch auf den Zettel drauf bitte..... danke“

**17min29s**

## **Schule 2**

### **5. Klasse**

#### **Interview 4, S7 (w) und S8 (w)**

1. G: Faraday, 2. G: Volta

kurze Erklärung, wer ich bin, was ich mache, was sie zu tun haben

S7: „wir helfen uns jetzt gegenseitig oder sind das ... ah das sind die gleichen...“

I: „ja, das sind gleiche Geschichten“

**8:19**

I: „so... jetzt hätte ich gerne, dass ihr schaut, wie die andere das gemacht hat, und überzeugt sie davon, dass eure Variante die Richtige ist.“

S7 und S8 murmeln, lesen halblaut die Anfänge der Textabschnitte vor...

S7: „naja gut... also ich glaub, dass eben das mit den Berechnungen da ist, weil er ja eben erst da anfangen hat, sag ich mal, und er hat es geschafft, aber irgendwas stimmt nicht... und dann rechnet er das... und dann kriegt ers nicht hin und dann erst nach fünf Jahren....“

S8: „ja da hab ich mir halt gedacht weil er halt hier die Schriften erwähnt, vielleicht versucht ers zuerst mit den Schriften und dann schaut er sich nochmal die Formeln an.“

I: „also habt ihr es sehr ähnlich gelöst, bis auf den Punkt, wann man die Mathematik zu Rate zieht, oder wann man eher die Literatur zu Rate zieht..... ja gut... dann hab ich noch eine zweite Geschichte.... so.... “

**9:50** fangen mit der zweiten Geschichte zu lesen an

**18:10**

I: „so... dann schaut mal, wie es aussieht... wie die andere des.... aaaah.. aufgelegt hat...“

S7 und S8 gehen die Geschichten kurz durch

S7 und S8: „hehe, wir haben es genau gleich aufgelegt“

I: „gut. Vergleicht jetzt diese Geschichte mal mit der anderen. Gibt es da irgendwie einen gleichen Vorgang? Habt ihr das Gefühl, es gibt ein Muster, wie man wissenschaftlich arbeitet? Mit wissenschaftlichen Themen?“

S8: „pfff...“

I: „oder eher nicht? Also was kommt am Anfang?“

S8: „ja also, ich hab am Anfang immer diese zufälligen Entdeckungen.“

S7: „ja das hab ich auch...“

S8: „und die Mathematik hab ich immer erst am Schluss...“

S7: „ja das hab ich auch, ich hab geschaut, was könnte das Ende mal sein, also ich hab mir gedacht, Anfang und Ende sollte man eher klar erkennen können. In der Mitte war's da am Schwierigsten, zuzuordnen, wann was is...“

I: „Welcher Schritt wann drankommt...“

S7: „ja genau.“

I: „könntet ihr euch auch vorstellen, dass man überhaupt nur von der Mathematik ausgeht? Bei der Geschichte ist es vielleicht ein bisschen schwierig, weil man das Gefühl hat, dieser Schritt gehört mitten hinein... aber was ist wenn ich jetzt einfach die Mathematik hab, weil jemand anderes schon gerechnet hat. Das passiert oft... wissenschaftliches Arbeiten gibt es ja schon lange. Das heißt es existieren schon ganz viele mathematische Aufzeichnungen. Könnt ihr euch das vorstellen, dass man nur von der Mathe ausgeht? Ich habe die Mathe und plane von dort aus meine Versuche? Oder ist es eher wahrscheinlich, dass man zuerst experimentiert und dann die Mathe aufstellt...?“

S8: „ich denk, es ist beides möglich.“

S7: „ja,... aber ich glaub wenn man die Formel schon hat kann man sich ja überlegen, und dann zu experimentieren anfangen...würde ich sagen“

S8: „aber es kann halt auch öfter sein, dass vielleicht etwas zufällig passiert. Wenn man sich halt davor keine Gedanken drüber macht, und wenn dann was passiert, dann muss man das betrachten...“

S7: „das ist halt auch nicht so oft.... ja.... „

S8: „ja... also die sichere Methode ist es schon mit der Mathematik...“

I: „mhm... wenn jetzt ein Ergebnis herauskommt, das man sich nicht erwartet hätte.... dass man dann trotzdem irgendwie auf Schlussfolgerungen zurückkommt und dann vielleicht die Mathematik dazu formt, hast du es so gemeint? Hab ich das richtig verstanden?“

S8: „ähm...“

I: „dass wenn man experimentiert, da kommt was raus, das man nicht erwartet hat, und dann

schaut man sich an, wie es tatsächlich mathematisch zu lösen wäre?“

S8: „mhm.. ja...“

...

I: „super danke. Vielleicht noch ein Abschlusskommentar von euch, wie ihr euch vorstellt, dass WissenschaftlerInnen arbeiten...“

S7: „also ich hab immer... ich habe noch nie Wissenschaftler arbeiten sehen, aber in Gedanken hatte ich das immer so ... dass die halt ... mit ihren Formeln so rechnen und dann erst experimentieren gehen.“

I: „des heißt anders, als in der Geschichte aber?“

S7: „ja ... ja das... hahahaha“

S8: „hahhahahah“

S7: „so hatte ich das immer vor Augen...“

I: „danke, und für dich?“

S8: „ich weiß nicht, so hab ich mir noch nicht Gedanken darüber gemacht...“

I: „aber wenn du jetzt darüber nachdenkst...“

S8: „ja... also ich glaub eigentlich eher dass es anders herum ist... dass man herumexperimentiert, wenn man dann auf irgendetwas draufkommt, dass man dann probiert es mathematisch zu lösen...“

I: „ok, vielen Dank euch beiden.“

**22min17s**

## **Schule 2**

### **5. Klasse**

#### **Interview 5, S9 (w) und S10 (w)**

1. G: Faraday, 2. G: Volta

kurze Erklärung, wer ich bin, was ich mache, und dass der weiße Zettel die Einleitung in die Geschichte ist;

**7:42**

I: „schreibt mir bitte die Reihenfolge auf und zu welcher Geschichte die Reihenfolge gehört...“

**8:41**

S10: „wir haben's genau gleich... „

beide Schülerinnen lachen

I: „ok, des heißt ihr habt es genau gleich. Wie geht dieser Wissenschaftler vor...?“

S10: „also ich hab mal am Anfang.... da hat er eben diesen Entschluss, dass er was machen will... dann hat er halt überlegt und so... da stimmt irgendwas nicht, dann verzweifelt er irgendwie, und da kommen die Schriften vor, und deswegen... da hat er halt irgendwie Pause gemacht, aber dann schreibt er... da ..... 'nehm' ich mir nochmal die Schriften über den Kompass her' und dann am Schluss... hat er's dann fast geschafft.“

I: „würdet ihr daraus jetzt eine allgemeine Methode ableiten, wie Wissenschaftler arbeiten? Könntet ihr des dann schrittweise wiedergeben? Oder glaubt ihr is es gar ned so klar?“

S10: „naja.. also...“

S9: „naja, also, es is wahrscheinlich schon verschieden, kommt halt drauf an, wo.... wenn ich jetzt was mit Strom mache ist es was anderes, wie wenn ich jetzt... ehm... keine Ahnung... wenn ich irgendwie teste, ob man.... ehm.... wie man fliegt oder so... ist ja was anderes. Es ist schon, dass man ... es ist ja auch... pro... eh eh.... Wissenschaftler anders, wie.... wie... wie ich vorgehe, und wann ich jetzt meine Phasen habe, wenn ich gar nicht mehr weiter weiß...“

I: „stimmt, das ist sehr individuell. Von Mensch zu Mensch unterschiedlich.“

S9: „ja...“

I: „was ist jetzt, wenn ich die Mathematik ganz am Schluss hinsetze.“

S10: „ja das geht auch, weil da sagt er irgendwas .... trotzdem muss ich noch kleine Umformungen vornehmen, da die Formeln noch nicht ganz korrekt sind...“

I: „mhm..? und dass er wirklich nur herumexperimentiert und dann erst die Mathematik erstellt? Weil da (bei diesem Abschnitt) geht er ja auch von Formel aus. Dass er wirklich erst ganz am Schluss die Mathematik dazu erstellt, könnt ihr euch das vorstellen, dass es das gibt?“

S9: „hm... naja, nicht wirklich, weil wenn er das machen würd,... ich weiß nicht.... ahm...“

I: „ihr könnt auch gerne miteinander drüber reden, ob es möglich ist oder nicht. Vielleicht kommt ihr gemeinsam auf neue Ideen.“

S10: „ahm.... naja, man muss irgendwie schon die Formel wissen, weil wenn man nur herumexperimentiert,... geht auch, aber es braucht länger.“

I: „mhm... warum braucht es da länger?“

S10: „weil mit der mathematischen... naja,... ich weiß nicht...“ (schaut beschämt drein)

I: „keine Sorge, ich kann es nicht zurückverfolgen, wer was gesagt hat, also einfach, was du glaubst...“

S10: „also einfach, mit der mathematischen Formel da hat man schon so ein Grundgerüst, wie es vielleicht gehen könnte, aber wenn man herumexperimentiert und man macht irgendwas, es geht nicht, und dann... es klappt dann und man weiß nicht, man hat irgendwie dieses Grundgerüst, das irgendwie vielleicht... zeigt, wie man vorgehen könnte...“

I: „also vielleicht dieser Schritt, er hat schon bestimmte Formeln und möchte es dann umformen...?“

S10: „ja...“

I: „was wäre jetzt, wenn nur die mathematischen Formeln da wären? Könnt ihr euch das vorstellen? Wenn was berechnet wurde, und dann sagt eine WissenschaftlerIn vielleicht: 'ich bin auf etwas draufgekommen, das vorher noch nicht da war'...?“

S9: „mnaaaa... naja, also man kann sich das da ... also mit ohne... den anderen Sachen, also nur mit Mathematik kann man sich das halt nicht so gut vorstellen vielleicht. Also wenn ich jetzt zum Beispiel sag ich berechne wie ich fliege oder so und wie das gehen sollte, kann man ja nicht wissen, ob das wirklich funktionieren sollte...“

S10: „ja man hat eine Behauptung aber keinen Beweis...“

S9: „ja, genau.“

I: „ok, des heißt man braucht, wenn man mathematisch was gemacht hat, einen Versuch dazu, der das belegt?“

S9 und S10: „ja...“

I: „ok, aber dass man so vorgeht, dass zuerst berechnet und danach experimentiert wird, wäre das für euch auch wissenschaftliches Arbeiten?“

S10: „eigentlich schon ja“ S9 nickt

I: „und anders herum geht's auch, oder geht das nicht?“

S9 und S10: „ja doch, das geht auch“

I: „ok. So, dann hab ich noch eine andere Geschichte, die ihr nur so überfliegen könnt, die einzelnen Schritte. Also... hier... dass ihr euch einfach anschaut, ob es Parallelen zur anderen Geschichte gibt.“

### 17:38

I: „genau das gleiche jetzt mit dieser Geschichte. Könnt ihr euch vorstellen, wenn ich den Schritt jetzt hier hin setze, dass das dann funktionieren würde? Wenn ja, warum, oder wenn nein, warum nicht?“

stille....

S10: „also... ehm... ... er hatte am Anfang mehrere kleine Experimente gemacht, und dann hat er sich noch was großes vorgenommen, das er dann geschafft hat.“

I: „Gehn wir mal davon aus, dass er keine Experimente davor gemacht hat, sondern nur die Mathematik betrachtet hat. Könnt ihr euch vorstellen, dass das hier passieren hätte können?“

S10: „dann wäre er hier nicht draufgekommen, weils Zufall war.“

I: „mhm. Jetzt vergleicht die beiden Geschichten. Könnte man jetzt, nach diesen zwei Geschichten sagen, WissenschaftlerInnen arbeiten genau so...? Ist es möglich, das zu sagen?“

S9: „also ich finde die Geschichten sind nicht so gleich, weil der eine hatte halt dazwischen schon eine fünfjährige Pause gehabt, und der andere hatte halt... der hat auch Glück gehabt, wegen diesem Salzwasser da... aber was sag ich hier die ganze Zeit“ lachen

S10: „ja also eigentlich ich bin auch der Meinung, es is eigentlich ... wirklich so... dass dieser Wissenschaftler eher alles so in engerem Zeitraum gemacht hat als der andere.“

I: „ok. Und von der Vorgangsweise her? Unabhängig, von dem Zeitraum dazwischen. War das eher ähnlich oder sehr verschieden?“

S10: „es kommt mir so vor, dass der ein bisschen ehrgeiziger war, als der andere. Ich weiß nicht, der eine hat so am Anfang so groß geredet, aber dann hat er irgendwie Schwierigkeiten gehabt, und der andere hat einfach immer weiterprobiert. Es hört sich irgendwie nicht so an, als würde er verzweifeln.“

I: „mhm. Und von dem her, wo die Mathematik eingebaut wird... kann man da sagen, WissenschaftlerInnen brauchen die Mathematik eher am Schluss, oder eher am Anfang? Ist es möglich, dass man sagt, es gibt jetzt so eine Methode, oder ist es eher unwahrscheinlich?“

S10: „jeder Wissenschaftler macht's anders, denk ich mir“

S9: „ja..“

I: „also wenn ihr jetzt spontan sagen müsset: wie glaubst du forscht jemand, der Physik studiert, in einer Forschungsgruppe, wie geht die Person da vor? Ist es möglich, da ein Konzept zu haben?“

S10: „vielleicht zuerst... magst du mal?“

S9: „nein...ich weiß es... nicht... na, mach du.... doch doch...“

S10: „ahm, vielleicht zuerst einmal ein Grundgerüst anschauen, was ich jetzt eigentlich berechne, und eben die Formeln und so, und dann vielleicht etwas ausprobieren... man kann eigentlich nicht wirklich sagen, zuerst die Mathematik und dann..., oder umgekehrt. Also vermischt..“

I: „mhm, also kommt's auf die Situation drauf an?“

S10: „ja genau...“

I: „ja vielen Dank, das war's schon...“

**20 min 40 s**

**Schule 2**

**7. Klasse**

**Interview 6, S11 (m) und S12 (m)**

1. G: Faraday, 2. G: Volta

**4:13**

I: „Na dann vergleicht mal. Wie sieht des aus? Die Farben sind bei den Geschichten unterschiedlich, des is ned bei beiden Geschichten gleich. Da müssts schau'n, was draufsteht. Also der erste Schritt ist mal gleich.“

S12: „Ja, des erste is gleich. Des zweite is auch gleich.“

S11: „Wir haben die zwei vertauscht.“

I: „Ok. Was hast du da vor dem Abschnitt?“

S11: „Ich hab zuerst: Tagebucheintrag. Nach fünf Jahren Pause und fünfzehn erfolglosen Versuchen nehme ich mir noch einmal die Schriften von .... ja Kompass...“

I: „Bei dir wiederum ist da welcher Schritt?“

S12: „Tatsächlich kann ich eine Magnetnadel zum drehen bringen.“

I: „Warum ist des so? Glaubt ihr is da eines richtig davon?“

S11: „Ich denk mir, dass das stimmt, weil da steht, er hatte lauter erfolglose Versuche und probiert's jetzt nochmal anders. Und da steht aber 'tatsächlich funktioniert das'.“

I: „und warum ist für dich (zu S12) da der Schritt passender?“

S12: „Ich hab das als Erläuterung dafür, warum er so lang gebraucht hat um dann ein Ergebnis zu finden. Also er hat sich generell mal ja ... mit Hilfe von Formel gedacht... wie geht das so. Und dann verzweifelt er, weil er nach fünf Jahren noch immer kein Ergebnis gefunden hat. Und dann.... schafft ers.“

I: „was ist, wenn ich den Schritt, der bei euch als drittes und als fünftes gewählt wurde, an den Anfang setze. Geht das?“

S12: „Das passt zum ersten Text nicht.“

S11: „Vor allem, weils ein Tagebucheintrag ist. Weil das ist ja ein Tagebuch, oder? Und da kann man das ja nicht an den Anfang rücken. Also ich schreib ja auch nicht: 'ich habe eine neue Stromquelle erschaffen. Wie kann ich eine neue Stromquelle erschaffen?' naja, das passt irgendwie nicht.“

S12: „Oder... da ist ja was zufällig. Man kann ja nicht davor einen Tagebucheintrag,....“

I: „... dass etwas entdeckt wurde...“

S12: „oh, ich manipuliere das jetzt.“

S11: „Oder einfach dann... ich werde morgen das und das entdecken. Und am nächsten Tag dann erst: 'hmmm.. was könnte ich heute entdecken'.“

I: „Was ist, wenn dieser Zufall ... da ist irgendwo der Schritt 'ich habe es per Zufall entdeckt' ... was ist jetzt, wenn er sich am Anfang wirklich konkret Gedanken macht: 'ich möchte das entdecken'. Könnt ihr euch vorstellen, dass Wissenschaftler so arbeiten? Sich denken: genau das mag ich herausfinden.“

S11: „Heutzutage schon, weil man ja doch schon mehr weiß, was es geben könnte.“

S12: „Weil das war ja eine Kraft..“

I: „Die Geschichten sind schon lange her...“

S12: „Das war was unerklärliches damals.“

I: „Also es wäre heutzutage denkbar.“

S11: „Ja ich denke schon.“

S12: „Aber nicht in dem Format. Weil das ist eine so große Entdeckung.“

S11: „Weil da entdeckt man ja wirklich etwas ganz Neues. Jetzt kann man ja sagen, man möchte einen...“

S12: „neue Hilfsmittel für die Umwelt... da hat man gesehen, da könnt's einen geben, der weiß darüber was... da sieht man halt einen Vogel, der schon bekannt ist.“

S11: „ja, oder ich forsche in der Medizin genau zu dem und dem...“

I: „wenn ich mir das vorstelle, geht es, dass ich nur von der Mathematik ausgehend forsche? Nicht diesen einen Schritt, aber an sich mit Mathematik? Dass zuerst die Mathematik erarbeitet wird und dann Experimente dazu entstehen?“

S12: „Das ist noch eher plausibel. Aber man muss schon ein helles Köpfchen sein.“

S11: „Jooooaa, man muss halt schon ziemlich gscheit sein, wenn man das alles im Kopf macht.“

I: „Im Bereich der theoretischen Physik passiert schon sehr viel am Computer, da muss man programmieren, oder Experimente planen, sogar durchführen. Ist es da wahrscheinlich, dass man auch nur mathematisch vorgeht? Wie denkt ihr darüber?“

S12: „Doch, man rechnet schon oft zuerst. Mein Bruder ist auch auf der Uni, Maschinenbau, da rechnen sie auch erst am Anfang alles durch, damit das dann sicher...“

I: „... damit man es dann sicher konstruieren kann?“

S12: „Ja. Da ist dann alles im Computer drin.“



I: „Und bei dieser Geschichte, könnt ihr euch vorstellen, dass er auf das Ergebnis draufgekommen wäre, wenn er es nur mathematisch angegangen wäre?“

S11: „Na, ich glaub nicht.“

S12: „Na, ich auch nicht.“

I: „Ok. Dann hab ich hier noch eine Geschichte...“

S11: „uuuuuhhh...“

S12: „Sollen wir die wieder zusammenpacken? (die einzelnen Geschichtsabschnitte)“

I: „Ja bitte.“

S11: „Und erfahren wir dann eine richtige Reihenfolge noch?“

I: „Gibt es für diese Geschichte nicht.“

S11: „Is ja voll doof. Das ist wie Woyzeck.“

I: schmunzelt „Hier habt ihr nochmal eine Geschichte, von einem anderen Wissenschaftler.

S11: „juidi...“

S12: „wieder fiktiv?“

I: „also die Geschichte selbst ist schon passiert, aber nicht in dieser Form. Dass es ein Tagebucheintrag ist und wann er was durchgenommen hat, das habe ich geschrieben.“

S11: „aaah.“

S12: „aso.“

S11: „evaaaa“

**9:27**

I: „nur ganz kurz noch, bevor ihr das reiht: behaltet im Hinterkopf die Reihenfolge der anderen Geschichte, und ob ihr des so ungefähr ähnlich reihen würdet.“

11:56

I: „Ja bitte schreibt mir da auch wieder die Reihenfolge auf und einen Buchstaben dazu, damit ich weiß, zu welcher Geschichte es die Reihenfolge war.“

I: „so...“

S12: „Ich glaube wir haben es komplett anders...“

I: „Jetzt bin ich gespannt...“

S11: „Also als erstes möchte ich sagen, es is is is nicht ganz so wie ein Tagebucheintrag aufgebaut, eigentlich.“

S12: „Ich fands ein bisschen irritierend, die zwei Geschichten. Die eine Geschichte über die Glühbirne, die andere Geschichte über die Batterie...“

I: „Mhm...“

S12: „Es gibt anscheinend Zusammenhänge. Ich habs vielleicht übersehen, aber so...“

I: „Ahm, ok. Wo ist bei euren Geschichten der Unterschied? Zum Beispiel ist bei dir der Abschnitt mit Luigi relativ weit unten...“

S12: „Wobei mit Luigi, mit dem hat ja alles begonnen... oder ich weiß nicht. Keine Ahnung.“

I: „Aber was waren deine Überlegungen, warum das auch unten sein könnte? Hat das andere mehr dazugepasst, eben weil es für dich zwei Geschichten in einer sind? Oder...“

S12: „Ja ich hab mir halt einfach gedacht ich mach das so.“

I: „Bei dir ist zum Beispiel ist die Mathematik als letztes. Das wär, bei dir mit den zwei Geschichten, eher am Anfang? Oder ist es das Ende der ersten Geschichte?“

S12: „Ja, nein, das ist das Ende, der vorigen.“

I: „Warum ist es ganz am Schluss bei euch?“

S11: „Ich weiß nicht, weil... für mich ist das so. Weil da steht: 'ob das akzeptiert wird' und 'meine Annahme hat sich bewährt' das man das so ausdrücken kann ist dann eher...“

S12: „ich hab da auch noch die Rechnung ganz zum Schluss, die erklärt das.“

I: „Wenn man jetzt nur von der Mathematik ausgehen würde. Könnte man das dann auch ganz an den Anfang setzten? Was glaubt ihr?“

S11: „Ja ich denke schon. So... ich denke, mit dieser und dieser Formel könnte man Strom berechnen... und dann versucht er das.“

S12: „Das ist schon eher möglich, weil die Leitfähigkeit von den Plättchen kann man ja schon berechnen.“

I: „Also glaubst du ist es davon abhängig, was schon bekannt ist?“

S11: „Ja, sicher sogar.“

I: „Mhm. Und dass man dann probiert, des weiterzuentwickeln und Versuche dazu macht.“

S12: „Ja.“

S11: „Ja.“

I: „würdet ihr jetzt, aufgrund dieser Geschichten, sagen, es ist möglich, zu sagen: So arbeiten WissenschaftlerInnen?“

S11: „Nein.“

I: „also gibt es da kein Muster, das ihr erkennen könnt?“

S11: „Naja, ich denk schon. Aber es gibt eher mehrere Muster, weil man kann ja einen anderen Versuch machen, oder durch Zufall auf was anderes stoßen. Man kann gleich durch Zufall auf etwas stoßen. Man kann es auch einfach so herausfinden...“

I: „und wenn man genau die zwei Geschichten vergleicht, gibt es da Parallelen?“

S11: „Ja, dass es ein Zufall ist. Weil da steht irgendwas: 'vorgestern hab ich mein Salzwasser,

das ich zum Nase spülen benutze, über die Apparatur geschüttet und es ist zufällig... da ist auch wieder so eine zufällige Situation.“

S12: „Aber das andere ist nicht Zufall. Mit dem Kupfer und Eisen. Ich habs probiert und es ging nicht...“

I: „Mhm, da warn ganz spezielle Überlegungen..?“

S11: „Naja, dass man durch Zufall was entdeckt.“

S12: „Also da sind unterschiedliche Vorgänge.“

Pause...

I: „Ja, gut. Vielen Dank, das wars dann auch schon wieder.“

**15 min 42 s**

## **Schule 2**

### **7. Klasse**

#### **Interview 7, S13 (m) und S14 (m)**

1. G: Volta, 2. G: Faraday

kurze Einführung in den Aufbau der Geschichten

**5:20**

I: „Wenn du dann eine Reihenfolge hast, wär es gut, wenn du diese auf den Zettel da schreibst, und ein V dazu, damit i später weiß, zu welcher Geschichte es is... weil des is die Geschichte zu Volta.“

S13: „Aso... hehe...“

**5:34**

I: „Du auch bitte... danke. Und da hab i dann noch eine zweite Geschichte, also kannst du dir den Zettel bitte noch behalten.“

S14: „ja“

5:52

I: „Bist a fertig?“

S14: „Ja.“

S13: „Wir haben ganz andere Farben...“

I: „Ja, die sind aber auch unterschiedlich aufgeklebt. Nicht jeder orange Schritt ist der gleiche orange Schritt.“

S13: „Ja eben...“

S14: „Ja was bringt das dann mit den Farben?“

I: „Für mich, damit ich es später zuordnen kann, vergleichen kann, mit anderen SchülerInnen. Und damit ihr euch auf eure Geschichte konzentriert.“

S14: „Also Farben soll ich jetzt aufschreiben?“

I: „Bitte, ja.“

6:50

I: „Dann hätte ich gern, dass ihr mal schaut, ob ihr es gleich oder unterschiedlich gereiht habt.“

S14: „Warte, also das is bei dir das letzte?“

S13: „Mhm. Aso das is anders rum...“

I: „Ist es gleich oder unterschiedlich?“

S13: „Da haben wir was anderes....“

S14: „Ja das hab ich noch nich... das hab ich eher anders rum gehabt, ich war mir noch nicht sicher. Sonst is es gleich... ahm...“

I: „Wie seid ihr da drauf gekommen?“

S14: „ahm....“

S13: „ich find das klingt eher so wie ein Anfang.“

S14: „ja eben, das hab ich nämlich am Anfang auch gedacht, nur dann hab ich mir halt gedacht, weil er da ja darüber redet, weiß nicht, was,... vielleicht.... ich denke, ich war mir eh nicht sicher wie das gehört, nur ich glaub nämlich eh, dass es anders herum gehört. Dass du es richtig hast. Hab mir halt gedacht, weil er darüber redet, dass er...ahm... dass er das mit den Glühbirnen probieren will und da dann ja auch schon was ... da steht von wegen... Glühbirne... na aber es ist wahrscheinlich eh anders rum“

I: „So die ursprünglichen Gedanken, wie er überhaupt zu den Überlegungen gekommen ist.“

S14: „Ja, nur da schreibt er ja auch noch... 'lange Überlegungen', als wars wahrscheinlich eher anders herum. Bin mir nicht ganz sicher...“

I: „Und der Rest bei euch ist gleich?“

S13: „Ja.“

I: „Was sind da eure weiteren Schritte?“

S13: „ahm...“

I: „Des heißt, ihr habt beide den mathematischen Abschnitt,  $U=R*I$ , das habt ihr beide als vorletztes. Und der letzte Schritt ist dann...?“

S13: „'Wer hätte das gedacht'... das klingt für mich wie ein Satzsatz.“

S14: „Ich hab weniger auf den Inhalt geachtet, sondern mehr die Sprache halt, ob die Schritte zusammenpassen.“

I: „Kein Problem, das passt gut.“

S14: „Eben und weil er halt meint, dass er viele verschiedene Sachen probiert hat.“

I: „Und der letzte Zettel ist dann: 'wer hätte das gedacht?'“

S14: „Ja“

I: „Das heißt, ihr habt bis auf die ersten beiden Schritte es unterschiedlich, weil ihr euch da auch ein bisschen unsicher wart?“

S14: „mhm“

I: „Jetzt hätt i gern, dass ihr des noch mit dieser Geschichte macht, und a bissl im Hinterkopf behaltet, dass die vorige Geschichte auch aus solchen Schritten besteht, ob ihr da schon Ähnlichkeiten erkennt oder ob es für euch ganz was anderes is.“

9:02

14:06

I: „Ist die Reihenfolge jetzt wieder von oben nach unten oder von unten nach oben?“

S13: „Ach so, das weiß ich grad nicht...“

I: „Na dann schauen wir noch schnell... Ja passt. Magst du bei der ersten Reihenfolge bitte noch markieren, dass es anders herum ist?“

S13: „Ja. So?“

I: „Super. Bei dir steht also als erstes... ist das der erste Abschnitt gwesn?“

S14: „Nein, das war das letzte.“

I: „Ok, dann einfach markieren, dass es anders herum ist. So, bitteschön. Vergleicht mal.“

S13: „Ok, wir haben die zwei vertauscht...“

I: „Warum ist für euch das da jetzt anders?“

S13: „Also nach fünf Jahren Pause, das klingt für mich so, wie wenn er da wieder ein Tagebuch angefangen hat, nach fünf Jahren...“

S13: „Oder glaubst du da.... „

S14: „Naja, ich glaub, weil er ja erzählt, dass ... er schreibt ja, dass ihm jemand erzählt hat, über diesen Kompass mit der Batterie... und das ist fast... dieses Kompassdrehdings, da denkt sich, ich glaub halt, deswegen.. denkt er halt drüber nach, von wegen, weil er es ja schon einmal probiert hat. Und dann meint er eben, dass er es wieder probieren will.“

S13: „Asoooo...“

S14: „Deswegen hab ichs halt so...“

S13: „Ich hätt mir gedacht, dass er da schon das Experiment macht. Dass er da schon damit arbeitet. Dass irgendjemand zu ihm kommt und ihn auf einen neuen Gedanken bringt.“

S14: „Ja, ich weiß nicht. Ich hab mir halt gedacht, dass er eben dadurch, weil ihm das erzählt

wird, dann wieder denkt 'das will er aufholen' dass er es wieder probieren sollte.“

I: „Und die letzten Schritte sind dann wieder gleich?“

S13: „Ja.“

S14: „Ja.“

I: „Der letzte Schritt war bei euch...“

S14: „Dass man... 'mit meinen Entdeckungen und sowas werd ich die Welt revolutionieren. Da hab ich mir irgendwie gedacht, das klingt so, als wär er... da schreibt er noch alles auf.“

I: „Und dass er schon Überlegungen hat: 'mit dem, das ich jetzt herausgefunden hab arbeite ich weiter'...? Ja, danke schon mal für das Sortieren. Überlegt euch mal, könnt einer der anderen Schritte auch als Anfang stehen?“

S14: „Eigentlich schon. Das hab ich nämlich auch schon gedacht. Weil hier eben das steht, mit dem, 'ich muss mich vorbereiten und halt dokumentieren' bei dem war ich mir auch nicht sicher. Wenn das jetzt da nicht stehen würde, dann würd ich den Abschnitt als letztes machen. Und ich hab mir halt gedacht, es könnte auch der letzte sein. Dass er bis dahin halt nur so ein paar Experimente macht. Und er es dann ganz neu beginnen will...“

S13: „Was ich mir irgendwie gedacht hab, die Schritte davor sind irgendwie alle so.... ahm... also der Schritt is voll euphorisch und da ist er sich ganz sicher, dass er es schafft. Und die Schritte davor sind eher so, dass er sich unsicher ist, ob er es schafft. Und er denkt, er kann nicht mehr schlafen, da war er sich aber schon sicher, dass er es schafft. Deswegen ist es für mich irgendwie das letztes.“

I: „Ok, des heißt, er kann sich erst am Ende von diesen Versuchen sicher sein, dass es funktioniert?“

S14: „Ja.“

S13: „Ja.“

I: „Wie wär des, wenn i des umstelle? Er versucht zuerst seine Experimente, mathematisiert es dann, und kommt durch die Mathematik drauf, es passt etwas nicht. Dann stellt er die Versuche um, es funktioniert und er ist zufrieden. Kann es sein, dass er durch die Mathematik auf die Lösung kommt? Glaubt ihr, dass des möglich ist?“

S13: „Kann schon sein, aber er schreibt ja 'mit der Mathematik lassen sich die Versuche fast nicht vereinbaren'. Deswegen hab ich mir gedacht, dass es da nicht reinpasst...“

I: „Das wär jetzt nicht speziell auf diese Geschichte gemünzt, aber eher allgemein...“

S13: „Ach so, ja.“

I: „Wenn ihr die zwei Geschichten jetzt miteinander vergleicht, könnt ihr da einen Vorgang, wie WissenschaftlerInnen arbeiten, erkennen, der sowohl in der einen als auch in der

anderen Geschichte vorhanden ist?“

S13: „Eigentlich schon. Also dass man halt Versuche macht, durchführt...“

I: „Und von der Reihenfolge her auch? Mit der Mathematik, den Versuchen, den Ergebnissen... dass es da immer so eine eindeutige Reihenfolge gibt?“

S14: „Nicht gleich, aber halt schon ähnlich. Weils halt meistens ähnlich passiert.

S13: „Ich glaub aber auch, dass man nicht wissenschaftlich Sachen vergleichen kann, und das andere weglassen kann... weil davor war ja auch die Rede davon, dass er so halt verglichen hat mit einem anderen Wissenschaftler. Und bei ihm ist das überhaupt nicht so.“

I: „Ok, des heißt es ist schon ähnlich, aber ist auch möglich, dass der Anfang anders ist? Wie man an das ganze rangeht? Hab ich das gerade richtig verstanden?“

S13: „Ja. Ich glaub schon.“

I: „Wenn ihr auf der Straße gefragt werden würdets: 'wie arbeiten WissenschaftlerInnen?' Gibts da etwas, das ihr sagen würdet, aufgrund dieser zwei Geschichten? Oder wärt ihr euch eher nicht sicher, dass es bestimmte Schritte gibt?“

S13: „Schon allgemein Versuche und die dann irgendwie...“

S14: „Ja, dass sie halt Versuche machen...“

S13: „Und irgendwie überprüfen...“

I: „Und wann was passiert? Ist es bei jedem Wissenschaftler unterschiedlich? Oder gleich?“

S13: „Nein, das würd ich jetzt nicht sagen.“

S14: „Nein, da ist es nicht immer gleich...“

I: „Vielen Dank, das wars dann auch.“

19 min 31 s

-----  
Wie man Seefahrer in die Irre führt – oder der falsche Kompass

Induktion von Faraday

Im Jahr 1831 konnte Michael Faraday die Induktion feststellen. Er wickelte um einen Ringmagneten auf beiden Seiten jeweils einen Draht. Der eine Draht war mit einer Batterie verbunden und einem Schalter, sodass er den Stromkreis öffnen und schließen konnte. Der andere Draht war um einen Kompass gewickelt. Durch öffnen und schließen des Stromkreises bemerkte er, dass sich die Magnetnadel bewegte.

Wie könnten die Tage, in denen Faraday die Induktion entdeckte, ausgesehen haben?

**Arbeitsauftrag: Sortiere die Ausschnitte der Tagebucheinträge und überzeuge dein Gegenüber von deiner Reihenfolge.**

- 
- Tagebucheintrag: Ich bin jetzt wieder soweit. Ich kann meine Augen kaum mehr aufhalten und bin schon kurz vorm Aufgeben. Die Geschichte von einem meiner Handlanger geht mir nicht mehr aus dem Kopf. Er hatte Schriften entdeckt, derer zufolge es möglich sein sollte, den Kompass mithilfe einer einfachen Batterie zu manipulieren.
- 
- Tagebucheintrag: Nach fünf Jahren Pause und fünfzehn erfolglosen Versuchen nehme ich mir noch einmal die Schriften über Batterien und einen Kompass her, um genau herauszufinden, wo mein Fehler liegt. Zunächst möchte ich einen einfachen Stromkreis erstellen, und vielleicht mein Drahtmaterial austauschen. Ich muss meine mathematischen Berechnungen verfeinern. Vielleicht funktioniert es dann.
- 
- Tagebucheintrag: Tatsächlich kann ich eine Magnetnadel zum Drehen bringen, indem ich einen Stromkreis in ihrer Nähe schließe und öffne, wobei sich der eine Draht um einen Stabmagneten wickelt, der wiederum mit einem extra Stromkreis verbunden ist. Zumindest mit der vorhandenen Literatur sollte es nachstellbar sein. Dann gelingt mir das gleiche Ergebnis wie in den Schriften.
-



- Tagebucheintrag: Meine Berechnungen, ob die elektrische Ladung  $Q$  nun von der Zahl  $z$  der übertragenen Elektronen pro Teilchen abhängt, lassen mich nicht in Ruhe. Wie geht die molare Masse  $M$  ein? Irgendetwas fehlt. Ich kann nicht schlafen. Mit der Mathematik lassen sich die Versuche vorerst nicht vereinbaren.

-----

- Tagebucheintrag: Mit meinen Entdeckungen zur Induktion werde ich die Welt revolutionieren, alle werden es sehen. Ich muss mich vorbereiten, alles ganz genau dokumentieren, und dann einen Bericht über all meine Schritte und die Ergebnisse der wissenschaftlichen Gemeinschaft schicken. Wenn sie meine Ideen akzeptieren werden sie mich hoffentlich mit finanziellen Mitteln unterstützen, um die Versuche durchführen zu können.

-----

-----  
Die Erfindung der besten Stromquelle – ever

Batterie von Volta

*Im 18. Jahrhundert wurde der Wunsch danach, sich mehr mit elektrischen Phänomenen zu beschäftigen, immer größer. Viele WissenschaftlerInnen befassten sich damit, endlich neue Errungenschaften zu präsentieren und ihr Genie unter Beweis zu stellen. So gelang es auch Alessandro Volta im Jahr 1800 den Vorläufer unserer heutigen Batterien zu erfinden. Das sind mögliche Tagebuchauszüge.*

***Arbeitsauftrag: Sortiere die Ausschnitte der Tagebucheinträge und überzeuge dein Gegenüber von deiner Reihenfolge.***

- 
- Tagebucheintrag: Ich probierte nämlich vor einigen Tagen mit Kupfer und Eisen ein ähnliches Ergebnis wie Luigi mit seinen Froschschenkeln zu bekommen, habe auch die Mengenangaben beachtet und mir immer wieder die bereits existierenden Aufzeichnungen angesehen. Es hat aber einfach nicht funktioniert. Ich probierte es immer und immer wieder, aber bis ich es tatsächlich geschafft hatte dauerte es noch eine Weile.
- 
- Tagebucheintrag: Zu diesen Erkenntnissen kam ich dann so: vorgestern habe ich mein Salzwasser, das ich zum Nase spülen benutze, über die Apparatur geschüttet und wow ... es hat sich was Neues ergeben. Eine Glühbirne an zwei Drähten lag noch von einem anderen Experiment am Tisch, die Enden der Drähte waren im Salzwasser und die Glühbirne blitzte auf! Ich habe den Versuch mehrmals wiederholt, damit ich mir mehr Klarheit darüber verschaffen konnte. Später suchte ich in der Literatur eine Erklärung.
- 
- Tagebucheintrag: Ich habe immer wieder verschiedene Vorrichtungen gebaut, sogar unterschiedliche Materialien benutzt, zum Beispiel das Eisenplättchen durch Zink ersetzt und bin nun stolzer Erfinder der ersten Batterie. Ich kann es kaum glauben, wie es dazu gekommen ist. Meine Versuche ergeben eine Stromquelle! Wer hätte das gedacht?
-

- Tagebucheintrag: Nach weiteren Überlegungen, wie der Versuch von Galvani sich unterscheidet zu meinen bisherigen Forschungen, habe ich eine zündende Idee gehabt. Ich wollte mit einer Glühbirne und unterschiedlichen Materialien erreichen, was er mit seinen Versuchen mit den Fröschen schon lange geschafft hatte. Die Glühbirne sollte leuchten.

-----

- Tagebucheintrag: Mein Freund Luigi Galvani hat meine Berechnungen überflogen und wird sie für seine Experimente anwenden. Meine Annahme hat sich bewährt:  $U = R \cdot I$  und somit kann ich für meine Experimente aus der Spannung auch den Strom berechnen.

-----

## Abstract

Because of the increasing importance of science and science education in an of technological development dominated world I created in the course of this thesis material for physics education.

In the first part of this thesis I mention the theoretical background of the „nature of science“ (NOS) and the importance of teaching it in highschool.

With my constructed material it is possible for pupils to discuss that part of NOS which takes a look on how scientists work and their methods.

I designed two stories of known physicist in the form of a diary that is devided into stripes. The text-sections should be put in order and compared with classmates so that the method of scientists can be discussed.

The second part of my thesis contains a survey, short interviews with characteristics of the 'Akzeptanzbefragung' (acceptance questioning), in which i tested my materials with pupils from fourth grade to seventh grade of two Austrian highschools.

## Kurzfassung

Da es in dieser von technischen Entwicklungen geprägten Welt immer wichtiger wird, den Fokus auf Naturwissenschaften und deren Unterricht zu legen, habe ich im Rahmen dieser Diplomarbeit Material für den Physikunterricht entwickelt. Der Fokus liegt dabei auf der 'Natur der Naturwissenschaften '(NdN)', das im ersten Teil dieser Arbeit theoretisch aufbereitet wird.

Der zweite Teil beinhaltet das von mir entwickelte Material und die Ergebnisse meiner Feldstudie mit SchülerInnen aus zwei österreichischen Gymnasien, von der vierten bis zur siebten Klasse. Die Befragung der SchülerInnen sind Kurzinterviews, die sich an die Methode der Akzeptanzbefragung anlehnt.

Von mir wurden zwei fiktive Tagebucheinträge zweier bekannter Physiker in Abschnitte unterteilt, die von den SchülerInnen sortiert und miteinander verglichen werden sollen. Im Zuge dieser Aufgabe sollen sie über die Abfolge beim wissenschaftlichen Arbeiten diskutieren und sich der Tatsache bewusst werden, dass es nicht nur eine einzige wahre Methode für WissenschaftlerInnen gibt.

## Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name	Veronika Maria Neuhauser
Geburtsort	Wien
Geburtsdatum	12.09.1988
Staatsbürgerschaft	Österreich
Muttersprache	Deutsch
e-mail	<a href="mailto:veronika.neuhauser@gmx.at">veronika.neuhauser@gmx.at</a>
Sprachen	Italienisch Englisch

### Schulische und universitäre Ausbildung

2008-2015	Studium 'Lehramt Physik und Italienisch' an der Universität Wien
2011	Auslandssemester an der Universität Mailand
2007-2008	Studium 'Technische Physik' an der Technischen Universität Wien
2005-2007	Matura am BRG Waidhofen/Ybbs, NÖ
2002-2005	BG/BRG Sillgasse, Tirol
1999-2002	BRG Waidhofen/Ybbs, NÖ
1995-1999	Volksschule in Weyer, OÖ

### Wichtigste bisherige Berufserfahrung und studienbegleitende Tätigkeiten

2007-2014	Aktives Mitglied der Studienvertretung 'Fakultät für Physik'
2014	Projektunterricht an der Montessori-Schule Aschbach
2014	Erstsemestrigentutorin an der 'Fakultät Romanistik'
2010, 2011, 2012	Erstsemestrigentutorin an der 'Fakultät für Physik'

## Selbstständigkeitserklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich die Diplomarbeit eigenständig angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.“

---

Unterschrift

Wien, im Oktober 2015