



Theoretische Physik in der Schule

Wissenschaftstheoretische Betrachtungen über die Physik

ANJA, SCHULZ

ANJA.SCHULZ@STUD.SBG.AC.AT

Zusammenfassung

Welche mögliche Bedeutung die theoretische Physik für Lernende in der Schule hat und was genau darunter verstanden werden soll - in diesem Spannungsfeld wird sich der folgende Beitrag bewegen. Als Ausgangspunkt dienen zunächst der österreichische AHS-Lehrplan sowie die Bildungsstandards, welche konkret auf wissenschaftstheoretische Aspekte analysiert werden. In den letzten Jahrzehnten hat sich in der Pädagogik als auch in der fachdidaktischen Forschung die einheitliche Ansicht etabliert, neben der Vermittlung von fachlichem Wissen, auch auf die Förderung eines angemessenen Bildes über die Natur der Physik zu achten. Infolgedessen werden Studien zu Beliefs der Schülerinnen und Schüler über die Natur der Naturwissenschaften und im Besonderen der Physik zusammengefasst und mögliche Schlüsse gezogen.

1 Einleitung

Warum gibt es die Theoretische Physik? Was ist überhaupt eine physikalische Theorie? Wie erklärt man ein physikalisches Gesetz? Wieso brauchen wir die Mathematik in der Physik? Was versteht man unter einer Hypothese und wie kommt man zu physikalischer Erkenntnis? Warum experimentiert man in der Physik? Schon in seinen Vorlesungen an der Universität Göttingen um 1919 wies David Hilbert, einer der bedeutendsten Mathematiker der Neuzeit, auf die landläufige Auffassung (Schülerinnen und Schüler miteinbezogen) hin, physikalische Naturgesetze seien unabänderlich und müssen erst einmal gefunden werden. Dazu bildet man zunächst eine Hypothese, welche den Ausgangspunkt zur Forschungstätigkeit bildet. Mithilfe von Experimenten wird dann über die Richtigkeit entschieden. Hat man dann schlussendlich das Gesetz gefunden, so lassen sich die Naturvorgänge erklären und die Aufgabe der Physik ist in theoretischer Hinsicht gelöst. Der Aufgabenbereich der Physik liegt also im Sammeln von Gesetzen, wodurch Wahrnehmungen der Wirklichkeit für uns erklärbar werden (z.B. Hebelgesetz, Ohm'sche Gesetz). Welche Tätigkeit die theoretische Physik bezüglich dieser Auffassung übernimmt bleibt unklar. Ist allein das gesetzartige Beschreiben von Phänomenen in der Natur wirklich schon Physik? Oder wird erst dadurch die Ausgangsposition

gebildet, in der die eigentlichen Probleme der Physik und im Speziellen für die theoretische Physik beginnen? (Hilbert 1992: 36).

Die Antwort auf die Fragen ist gewiss nicht einfach und ohne ein angemessenes Verständnis über die Physik und dessen Funktion wird selbst die Fragestellung an sich schon zum Problem.

Aus diesem Grund muss ein wesentliches Ziel des Physikunterrichts an unseren Schulen die Ausbildung bestimmter Vorstellungen sein. Gemeint ist damit vorrangig die Gewinnung eines adäquaten Verständnisses über das Wesen der Physik an sich. Damit soll aber nicht der rein mathematische Formalismus als vordergründig verstanden werden. Vielmehr geht es um das Verständnis von physikalischen Theorien, welches von einem wissenschaftstheoretischen Kern gekennzeichnet ist. Diese Forderung an den Unterricht entwickelte sich schon Anfang des 20. Jahrhunderts vorwiegend von Pädagogen (z.B. Dewey 1914, Litt 1959) und in letzter Zeit auch vermehrt von Naturwissenschaftsdidaktikern (Kuhn 1991, Kircher 1995). *Über die Natur der Naturwissenschaften lernen* bedeutet detaillierter, im Physik-, Chemie-, Biologieunterricht *erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Fragen* zu behandeln (Kircher et al. 2015: 34).

2 AHS-Lehrplan Analyse

Ein wesentliches Ziel, das jede Lehrperson in Österreich zu erreichen hat, ist die Erfüllung des Lehrplans. Verordnet wurde dieser Lehrplan vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (BMB.GV.AT 2016). Dieser Abschnitt behandelt gewählte Textstellen, die inhaltlich als interessant für die Analyse von wissenschaftstheoretischen Begrifflichkeiten gelten. Die zitierten Auszüge aus dem Lehrplan werden jeweils im Anschluss diskutiert.

Auszug aus dem Lehrplan der AHS für die Unterstufe (Didaktische Grundsätze):

*“Bei der Gewinnung von **Gesetzen** ist neben der **Verallgemeinerung** von Beobachtungen auf Grund von **Experimenten** gelegentlich auch die **gedankliche Herleitung** und anschließende **experimentelle Überprüfung** von Lösungsansätzen (**Hypothesen**) anzuwenden¹.”*

(BMB.GV.AT 2016a:2, eigene Hervorhebung)

Um diese Lehrziele als Lehrperson verfolgen zu können, müssen, dem angeführten didaktischen Grundsatz nach, die Schüler und Schülerinnen schon in der Unterstufe in der Lage sein zwischen den Begriffen wie Gesetz, Experiment, Hypothese ordentlich differenzieren zu können. Darüber hinaus muss bei den Kindern vorweg geklärt werden, ob ein ausreichendes Verständnis über den Begriff *Verallgemeinerung* vorhanden ist. Überdies müssen die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis für die Arbeitsmethoden in der Physik entwickeln, wobei die Arbeit der theoretischen Physik nicht zu vernachlässigen ist.

Auszug aus dem Lehrplan der AHS für die Oberstufe (5.8. Klasse):

“Die spezielle Methodik der Physik hat zu Konzepten geführt, von denen folgende besonders wichtig und schulstufenübergreifend zu behandeln sind:

- **Denken in Modellen;**
- **Kausalitätskonzept;**
- **Naturgesetze und deren Grenzen;**
- **Vorhersagbarkeit über das Verhalten eines Systems;**
- **Universelle Gültigkeit der Naturgesetze;**
- **Energiekonzept;**
- **Konzept der Erhaltungsgrößen;**
- **Feldkonzept;**
- **von Raum und Zeit”**

(BMB.GV.AT 2016b:3, eigene Hervorhebung)

Der Physiklehrer oder die Physiklehrerin muss, um die angeführte Auflistung welche theoretische Verankerungen in der Physik beinhaltet, sich im Klaren sein, dass die Begriffspaare bei den Lernenden richtig differenziert werden. Dabei sind speziell die Differenzierungen zwischen Abbild und (nichtexistentes) Modell, sowie die Unterscheidung von universeller Gültigkeit und begrenzt gültig (bzw. anwendbar) gemeint. Zum Punkt Kausalitätskonzept sollte in der Schule das Problem des Kausalitätsprinzips in der Physik thematisiert werden (Grodzicki 2015: 432).

Auszug aus dem Lehrplan der AHS für die Oberstufe (7. und 8. Klasse):

“Die Schülerinnen und Schüler sollen folgende physikalische Bildungsziele erreichen:

- *die bisher entwickelten methodischen und fachlichen Kompetenzen vertiefen und darüber hinaus Einblicke in die **Theorienentwicklung** und das **Weltbild** der modernen Physik gewinnen.”*

(BMB.GV.AT 2016b:3, eigene Hervorhebung)

In diesem Auszug wird konkret gefordert, dass die Theorienentwicklung und damit die theoretische Physik im Physikunterricht inhaltlich explizit eingebaut werden soll. Dieses Lehr-/Lernziel wird als wichtig und wünschenswert erachtet. Dass die derzeitigen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler über die Physik allerdings alles andere als zufriedenstellend sind, wird im 3. Kapitel dargestellt.

2.1 Analyse der Bildungsstandards

Seit 2009 gibt es die Bildungsstandards in Österreich, wobei diese nicht für jedes Fach explizit formuliert wurden. In den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik erstellte man eine gemeinsame Handlungs-

¹ Es muss zwingend angemerkt werden, dass dieser didaktische Grundsatz ein stark empiristisches Bild über die Physik vermittelt. Welchen Zweck soll die gedankliche Herleitung erfüllen? Die Methode zur Erkenntnisgewinnung, hat hier einen induktiven Kern, obwohl mittlerweile die Forschungsbereiche der Naturwissenschaften die gängige Auffassung vertreten dürften, dass ein ausschließlich induktiver Ansatz als Methode der Erkenntnisgewinnung längst überholt ist.

dimension, die inhaltliche Dimension wurde fachspezifisch getrennt.

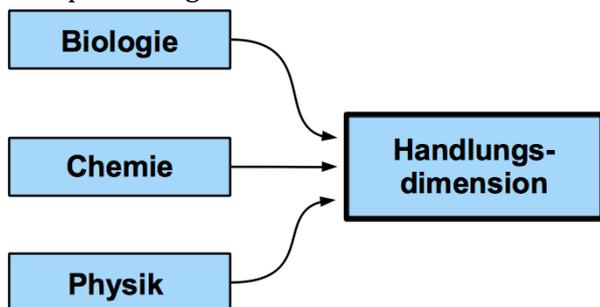


Abb. 1 – Trennung zwischen der Inhalts- und Handlungsdimension der Bildungsstandards für die Naturwissenschaften (nach Hopf 2011).

Die Kompetenzen der Handlungsdimension der Naturwissenschaften für die 8. Schulstufe werden in drei Stufen eingeteilt und wie folgt vereinfacht dargestellt:

Wissen organisieren	
W1	Vorgänge beschreibe und benennen
W2	Informationen sammeln
W3	Vorgänge darstellen, erklären
W4	Auswirkungen erfassen und beschreiben

Abb. 2 – Die erste Unterteilung der Handlungskompetenzen für NAWI 8. Sie beziehen sich vorwiegend auf die Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik (nach Bifie.at 2011, S. 2).

Erkenntnisse gewinnen	
E1	Beobachten, messen, beschreiben
E2	Fragen stellen und Vermutungen aufstellen
E3	Passendes Experiment planen
E4	Daten analysieren und interpretieren

Abb. 3 – Die zweite Unterteilung der Handlungskompetenzen für NAWI 8. Diese Kompetenzen sollen laut Bildungsstandards anhand der Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik erworben werden (nach Bifie.at 2011, S. 2).

Schlüsse ziehen	
S1	Daten und Fakten bewerten
S2	Verantwortungsbewusst handeln
S3	Bedeutung von Nawi und Technik erfassen
S4	Zwischen Wissenschaftlich und unwissenschaftlich unterscheiden können

Abb. 4 – Die dritte Unterteilung der Handlungskompetenzen für NAWI 8. Aus den gewonnenen Erkenntnissen, u.a. aus durchgeführten Experimenten erlangt, sollen Schülerinnen und Schüler die aufgelisteten Kompetenzen S1-S4 erreichen (nach Bifie.at 2011, S.2).

Die Analyse der Bildungsstandards zeigt keine Einbindung von wissenschaftstheoretischen Aspekten. Überdies findet man in den Handlungskompetenzen keine Aufgaben, in der die Arbeit der theoretischen Physik zum Tragen kommt.

Ob die Arbeitsfelder der Physik wirklich in der Natur, der Umwelt und in der Technik liegen, bleibt an dieser Stelle fragwürdig. Zudem zeigt der Ablauf der Erkenntnisgewinnung wieder ein stark empiristisch geprägtes Bild, indem zuerst Fragen und Vermutungen gebildet werden, die anschließend anhand von passend angefertigten Experimenten analysiert, interpretiert und bewertet werden können.

3 Aktueller Forschungsstand von Schülerinnen- und Schüler-Beliefs² über die Physik

„Ich hoffe, daß niemand mehr der Meinung ist, daß Theorien durch zwingend logische Schlüsse aus Protokollbüchern abgeleitet werden, eine Ansicht, die in meinen Studententagen noch sehr in Mode war.“

(Pauli 1984: 95)

Betrachtet man folgende zusammengefassten Studien über Schülerinnen- und Schüler-Beliefs über die Physik (vgl. Höttecke 2001: 42-71), so wird man leider rasch feststellen, dass Wolfgang Pauli in dieser Hinsicht wohl zu optimistisch gestimmt war. Aufgeteilt werden die Ergebnisse in drei Schwerpunkte:

- Beliefs zur Person des Physikers oder der Physikerin, seiner/ihrer Arbeit und der vorherrschenden Bedingungen

² Um eine deutliche Abgrenzung zwischen Schülerinnen- und Schüler-Vorstellungen über Sachinhalte der Physik und Schülerinnen- und Schüler-„Vorstellungen“ über die Physik zu erzeugen, führe ich hier den Begriff „Beliefs“ ein, der in erster Linie in der Mathematikdidaktik häufig Verwendung findet. Sowohl in der Mathematik als auch in der (theoretischen) Physik geht es um Strukturen, für die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis entwickeln sollen.

- Beliefs zum epistemologischen Status des Wissens der Physik und zu wissenschaftstheoretischen Begriffen
- Beliefs zur naturwissenschaftlichen Wissensproduktion und ihren Bedingungen

Die Ergebnisse der Studien stammen vorwiegend aus dem angelsächsischen Raum. Im deutschsprachigen Raum liegen noch kaum aussagekräftige Studien vor, die in diesem Beitrag verwendet werden könnten.

3.1 Beliefs zur Person des/der Physikers/Physikerin, seiner/ihrer Arbeit und der Bedingungen

Werden Schülerinnen und Schüler über ihre Vorstellungen befragt, was einen Wissenschaftler oder eine Wissenschaftlerin ausmacht, der/die Physik betreiben, können aus verschiedenen Studien folgende Ergebnisse allgemein zusammengefasst werden (Chambers 1983, Solomon 1993, Driver et al. 1996): Die forschende Person gleicht optisch einer Wissenschaftlergestalt, die an eine comicartige Darstellung erinnert (vorwiegend männlich, weißer Mantel, dicke Brille,...)³. Über die Arbeit *des Physikers*⁴ besteht kein einheitlicher Konsens. So stellt der Forscher manchmal gefährliche Experimente auf, ohne ein gewisses Ziel vor Augen zu haben. Manchmal entdeckt er per Zufall ein Phänomen, welches sich aus weiteren Versuchen irgendwann erklären lässt. Ein anderes Mal brütet der hochintelligente, kreative Forscher eine Idee aus, die im Anschluss mit passend konstituierten Experimenten nachgeprüft wird. Das Ziel der geistig-theoretischen Überlegung sei demnach eine Vorhersage über eines Sachverhalten zu machen⁵. Gleichzeitig handelt es sich bei der forschenden Person um eine neutrale, vorurteilsfreie Person, die Daten und Protokolle aus Experimenten völlig objektiv auswertet und beurteilt. Die Gesetzmäßigkeiten werden aus der Natur erkannt und gelten als vorgegeben. Der Physiker ist also einerseits eine hochintelligente und kreative Person, andererseits scheint er sie in seiner Tätigkeit nicht zu benötigen. Dass hier ein Widerspruch in den

³ Mit zunehmendem Alter der Lernenden verändert sich dieses Bild allerdings. Unterschiedliche Stereotypen werden klassifiziert, für mehr Auskunft verweise ich direkt auf die Dissertation von Höttecke 2001.

⁴ Aufgrund der Ergebnisse, Physikbetreibende seien vorwiegend männlich, wurde hier auf die Geschlechtertrennung bewusst verzichtet.

⁵ Im Übrigen wird diese Auffassung auch von Wissenschaftstheoretikern/innen und selbst Physikern/innenn vertreten.

Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler vorliegt, muss nicht näher diskutiert werden. Der Zugang zu naturwissenschaftlicher Erkenntnis ist stark empiristisch geprägt. Wie es zur Begriffsbildung in der Physik kommen kann, welche Aufgabe die theoretische Überlegung eigentlich übernimmt und wozu man überhaupt Mathematik in der Physik braucht, taucht in den Köpfen der Kinder und Jugendlichen schlichtweg nicht auf.

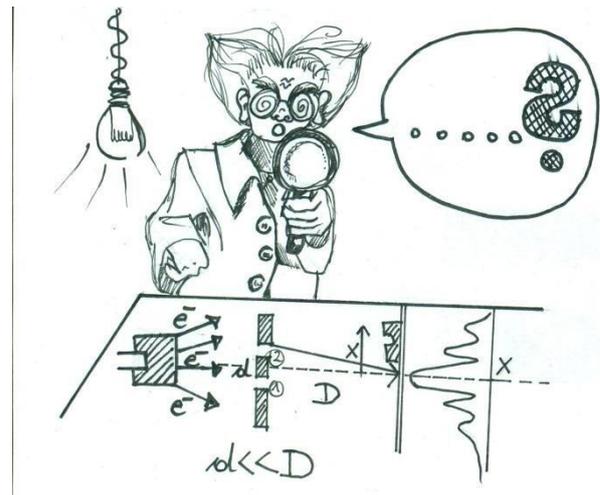


Abb. 5 – Der sonderbare Physiker in den Köpfen der Lernenden. Er beobachtet ein Phänomen (Das Doppelspaltexperiment mit Elektronen) und entdeckt die Gesetze, nach denen die Natur gehorcht (eigene Darstellung).

3.2 Beliefs zum epistemologischen Status des Wissens⁶ in der Physik und zu wissenschaftstheoretischen Begrifflichkeiten

In diesem Abschnitt werden Lernende über das Wesen der Physik befragt. Dazu zählen erkenntnistheoretische Aspekte sowie wissenschaftstheoretische Begrifflichkeiten über die Physik. Schülerinnen und Schüler sind der Auffassung, dass physikalische Erkenntnis als gesichert gilt (Larochelle et al. 1991, Solomon et al. 1996). Was genau die Schülerinnen und Schüler allerdings mit dem Begriff *Erkenntnis* verbinden, kommt in den Studien nicht klar zum Aus-

⁶ Höttecke unterscheidet in seiner Arbeit zwischen dem Begriff *Wissen* und *Erkenntnis* nicht. Im englischen Sprachraum werden diese unterschiedlichen Bedeutungen nicht ordentlich differenziert, für beide Begriffe wird das Wort *Knowledge* verwendet. Ziel der Physik ist aber nicht das Anhäufen von (Fakten-)Wissens sondern die Erzeugung von gesicherter Erkenntnis in Form von abgeschlossenen Theorien und der darin verankerten Gesetze. Vor dem Wissen kommt die Erkenntnis (Strahl 2014). Das Aneignen von Wissen selbst unterliegt einem individuellen und stetigen Wandel. Durch die mangelnde Unterscheidung kommt es in diesem Abschnitt daher zu Widersprüchen, die meiner Meinung nach einer dringenden Untersuchung unterzogen werden müssten, um aussagekräftige Ergebnisse zu diskutieren.

druck. So handelt es sich bei physikalischer Erkenntnis in der Tat um gesicherte Erkenntnis (Pietschmann 2013, Grodzicki 2015). Sind die Schülerinnen und Schüler allerdings der Auffassung, dass wissenschaftliche Erkenntnisse der Physik als sicher gelten, weil die Natur diese als unzweifelhafte Abbilder vorgibt und die darin enthaltenen Naturgesetze dann entdeckt werden, so bedarf diese Auffassung einer dringenden Korrektur. Die Lernenden weisen in dieser Hinsicht auf eine Tendenz zum naiven Realismus hin. Das Ziel der Physik bestünde darin, die Gesetze der Natur zu finden (Meyling 1990, Carey et al. 1989). Zur Methodologie der Physik wird eine hierarchische Arbeitsweise vermutet.

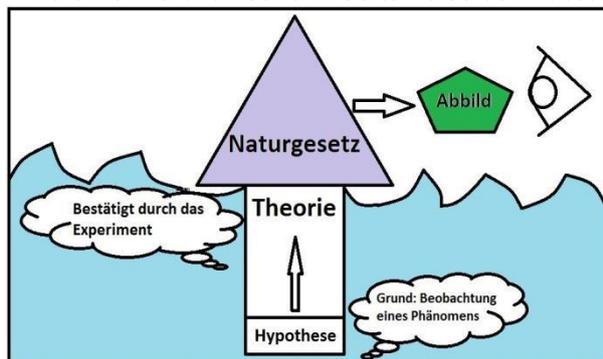


Abb. 6 – Die Methodologie der Physik aus naiver realistischer Betrachtung (eigene Darstellung).

So sind Schülerinnen und Schüler folgender Meinung: Zuerst wird eine Hypothese aufgestellt. Findet sie in den durchgeführten Experimenten eine fortwährende Bestätigung, so entwickelt sich die Hypothese zu einer Theorie. Bewährt sich die Theorie so entsteht aus ihr ein Gesetz (Ryan et al. 1992). Aus dieser Reihenfolge kann geschlossen werden, dass die Schülerinnen und Schüler über wenig Wissen verfügen, welche Bedeutung die Begriffe Hypothese, Gesetz und Theorie haben. Demnach bildet das Gesetz die Spitze des Eisbergs, welches von der Natur vorgegeben wird. Die Theorie hat einen erklärenden Charakter, womit die Naturgesetze beschrieben und dadurch vorstellbar werden.

Hypothese

Nach Meyling 1990 besitzen Lernende ein durchaus vertretbares Verständnis über die Bedeutung einer physikalischen Hypothese.

“Für die Mehrzahl der Schüler ist eine Hypothese eine Annahme, Vermutung oder Behauptung, die aufgrund einer Beobachtung oder eines Experiments aufgestellt wurde”

(Meyling 1990: 54)

Nach dieser Meinung sind also Experimentatoren und Experimentatorinnen die Einzigen, die

die Möglichkeit besitzen, Hypothesen zu entwickeln. Unter welchen Bedingungen arbeiten dann Theoretiker und Theoretikerinnen? Wozu dienen geistige Überlegungen? Gibt es etwa auch Hypothesen auf theoretischer Seite? Wenn ja, wie würden diese aussehen? Darüber wird weder von den Schülerinnen und Schülern, noch vom Autor selbst ein Wort verloren⁷.

Theorie

Schülerinnen und Schüler verstehen unter einer Theorie das Gegenteil der Praxis. In manchen Ergebnissen spiegelt sich auch die Meinung wieder, Theorien haben, genau wie Hypothesen, einen Vermutungskern, welcher als vorläufig interpretiert wird (Meyling 1990). Zudem werden Theorien als Erklärungen wahrgenommen, die dazu dienen, einen Sachverhalt in der Natur zu erläutern.

Modell

Der Modellbegriff in der Physik wird von Lernenden als vereinfachte und idealisierte Unterstützung zum besseren Verständnis für ein physikalisches Sachverhalten betrachtet. Diese Auffassung ist auf den Physikunterricht zurückzuführen. Dort wird das Modell tatsächlich vorrangig zur Veranschaulichung, beispielsweise das Atom- oder Orbitalmodell, herangezogen (Meyling 1990). Dass es sich allerdings bei den Modellsystemen, auf die sich alle Theorien der Physik beziehen, um Modelle eines anderen Typus handelt, darauf wird in den Vorstellungen nirgends hingewiesen. Jene Modellsysteme nehmen keinen Bezug auf reale Systeme und somit ist eine physikalische Theorie alleine deswegen schon nicht “wahrheitsfähig” und kann sich dadurch bei experimentellen Überprüfungen trivialerweise nie bewähren. Diese Tatsache dürfte in der Schule im Physikunterricht wohl kaum eingebettet werden.

Experiment

Das Experimentieren im Physikunterricht wird einheitlich als die klare Haupttätigkeit empfunden. Gibt es zu einer aufgestellten Theorie eines Sachverhalten kein passendes Experiment, so lassen sich keine Fragen diesbezüglich entwickeln oder aber es können Fragen gestellt werden, deren Antwortmöglichkeiten von vornherein als nicht richtig gelten können, da sie ja mit keinem Experiment überprüft werden können (Larochelle et al. 1991: 384). Dieser Vorstellung

⁷ Hier wird wieder die landläufige Auffassung sichtbar, dass die Aufgabe der Physik in erster Linie auf der experimentellen Seite liegt.

nach entscheidet einzig und allein das Experiment über die Theorie. Die Sicherung von physikalischer Erkenntnis beruht auf praktischen Arbeitsmethoden - eine Ansicht, die ein deutlich pragmatisch geprägtes Verständnis der Schülerinnen und Schüler charakterisiert.

Driver et al. 1996 befragte in einer Studie Kinder und Jugendliche zwischen dem Alter von 9-16 Jahren über die Aufgaben des Experiments. Folgende Antwortmuster lassen sich daraus zusammenfassen:

- Experimente dienen dazu, Effekte zu erzeugen und Neues zu entdecken
- Experimente dienen dazu, um Kausalitäten herzustellen
- Experimente dienen dazu, um Theorien zu überprüfen (Driver et al. 1996: 87ff).

Die erste Antwortmöglichkeit kann mit zunehmendem Alter der Befragten vermehrt festgestellt werden, ein Ergebnis, das durchaus erfreulich ist.

Allgemein kann dennoch zusammengefasst werden, dass in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler kein adäquates Verständnis über die Bedeutung des Experiments existiert. Eine Überprüfung der Frage, ob Lernende eine plausible Vorstellung über die Beziehung zwischen Theorie und Experiment besitzen, ist somit trivialerweise hinfällig.

3.3 Beliefs zur physikalischen Erkenntnisproduktion⁸ und ihren Bedingungen

Im letzten Abschnitt werden Vorstellungen von Schülerinnen und Schüler im Allgemeinen über die Erkenntnisproduktion in der Physik und wie und unter welchen Bedingungen jenes generiert wird im Speziellen, analysiert. Lernende vertreten die Ansicht, dass Physik zunächst im Alleingang stattfindet. Sie sind sich allerdings durchaus bewusst, dass darüber hinaus eine *scientific community* existiert, in der eine Konsensfindung in den Wissenschaften durchaus eine Rolle spielt. Allerdings verstehen Schülerinnen und Schüler unter Konsens eindeutige Daten, woraus sich eine Theorie als "wahr" erweist (Ryan et al. 1992). Soziale Interaktion zwischen Forschern und Forscherinnen als relevant kommen in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ebenfalls vor. Allerdings werden Erkenntnisse und Entscheidungen durch Fakten bestimmt (Driver et al. 1996). Zur Methode der Physik kann zusammengefasst werden, dass bei den Lernenden kein stimmiges Vorstellungs-

vermögen existiert. Der Erkenntnisweg wird als linear oder hierarchisch vermutet, indessen Ausgangspunkt meist eine Beobachtung eines Phänomens in der Natur steht, welches im Anschluss durch Experimente nachvollzogen wird.

4 Zusammenfassung

Die vorliegenden Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die theoretische Physik in der Schule einen Platz im Physikunterricht finden sollte. So wird dies einerseits explizit vom Lehrplan gefordert (vgl. Kap. 2) und darüber hinaus ist man sich in der Fachdidaktikforschung einig, dass ein Verständnis über die Physik notwendig ist, um später als mündige/r Bürger/in verantwortungsbewusst leben und handeln zu können.

Die Forschungsergebnisse über die Studien zum Verständnis von Schülerinnen und Schülern über die Natur der Physik, unter besonderer Berücksichtigung mathematisch-theoretischer Aspekte, vermitteln rasch den Eindruck, dass die Lernenden kein adäquates Verständnis über das Wesen der Physik besitzen - geschweige denn verstehen, wie die Theoriebildung in der Physik funktionieren könnte (wie es der Lehrplan beispielsweise fordert). Die Rolle der Mathematik oder der theoretischen Physik wird kaum erwähnt. Es muss an dieser Stelle allerdings dringlich angemerkt werden, dass die theoretische Physik an und für sich auch gar nicht in den Untersuchungen explizit eingebaut wurde. Keine der von Höttecke 2001 angeführten Studien beinhaltet Fragestellungen in irgendeiner Form zu Bereichen, mit der die theoretische Physik zum Tragen kommt. Zu den epistemologischen Überzeugungen kann zusammengefasst behauptet werden, dass erkenntnistheoretische Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen vorwiegend vom Empirismus und naiven Realismus, sowie vom Pragmatismus geprägt sind.

Die Funktion der Physik und allgemeiner auch die Funktion der Naturwissenschaften ist gewiss kein System, das einfach zu verstehen ist. So fließen in die Methodologie allgemein philosophische und speziell wissenschaftstheoretische Kenntnisse mit ein, die über viele Themenbereiche ineinander überfließen und nicht klar strukturiert werden. Genau das macht aber die Physik: Ziel der Physik ist die Sicherung und Strukturierung von Erkenntnissen (Grodzicki 2015). Um Physik verstehen zu können müssen Schülerinnen und Schüler nicht nur *Physik gut können*, sondern sich auch über die begriffliche Basis, die sich in experimenteller und theoretischer

⁸ Auch hier wurde das Wort *Wissen* durch *Erkenntnis* ersetzt.

scher Hinsicht wesentlich unterschieden, Gedanken machen. So gibt es beispielsweise einen nicht zu vernachlässigen Unterschied zwischen einem physikalischen Gesetz und einer empirischen Korrelation. Überdies muss der Lernende sich klar machen, dass sich physikalische Theorien nie auf reale Systeme beziehen, darum wird ein Experiment in der Schule nie perfekt gelingen (Nicht einmal in der Forschung gelingt die exakte Übereinstimmung mit einer Theorie). Bedeutet das, man soll im Physikunterricht nicht experimentieren, um für keine zusätzlichen Verwirrungen zu sorgen? Natürlich nicht! Erst durch diese Inkonsistenz zwischen Experiment und Theorie kann die Funktion und Arbeitsweise der Physik thematisiert werden und mit genügend Vorbereitung und Überlegung seitens der Lehrperson wird aus dem vielleicht verwirrtem Lernenden ein/e Forschende/r und das schon an der Schule.

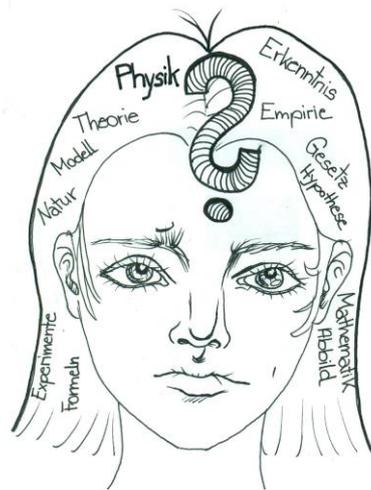


Abb. 7 – Die physikalisch-begriffliche Überforderung der Lernenden (eigene Darstellung).

5 Literatur

- BMB.GV.AT (2016a): Lehrplan AHS-Unterstufe, https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs16_7_91.pdf?5i81nx (2016-11-08).
- BMB.GV.AT (2016b): Lehrplan AHS-Oberstufe https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_10_11862.pdf?5i84ki (2016-12-11).
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., Unger, Ch. (1989): An Experiment is When You Try and See If it Works, a Study of Grade 7 Student's Understanding of the Construction of Scientific Knowledge, *International Journal of Science Education*, v11, S. 514-529.
- Chambers, D. (1983): Stereotypic Images of the Scientist: The Draw-a-Scientist Test, *Science Education*, v67, n2, S. 255-265.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., Scott, P. (1996): *Young People's Images of Science*, Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Grodzicki, M. (2015): *Physikalische Wirklichkeit - Konstruktion oder Entdeckung? Eine Einführung in die Methoden und Ziele der Physik*, Pöllauberg/Stmk: Living Edition.
- Hilbert, D. (1992): *Natur und mathematisches Erkennen: Vorlesungen, gehalten 1919-1920 in Göttingen. Ausarbeitung von Paul Bernays*. Hrsg. Von David E. Rowe, Basel, Bosten, Berlin: Birkhäuser Verlag.
- Hopf, M. (2011): *Vortragsfolien - Bildungsstandards Nawi 8: Chancen und Risiko für Österreich*, Universität Wien: <http://pluslucis.univie.ac.at/FBW0/FBW2011/Material/Hopf.pdf> (Zugriff: 2016-11-08).
- Höttecke, D. (2001): *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftstheoretische Untersuchungen*. Berlin: Logos.
- Larochelle, M., Désautels, J. (1991): Of Course, it's Just Obvious, *Adolescents' Ideas of Scientific Knowledge*, *International Journal of Science Education*, v13, n4, S. 373-389.
- Meyling, H. (1990): *Wissenschaftstheorie im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. Das wissenschaftstheoretische Schülerverständnis und der Versuch seiner Veränderung durch explizite wissenschaftstheoretischen Unterricht*, Bremen, Diss.
- Pauli, W. (1984): *Physik und Erkenntnistheorie*, Braunschweig: Vieweg Verlag, S.95.
- Pietschmann, H. (2013): Plädoyer für ein neues, ganzheitliches Denken, In: *conturen 2013*, S. 19-20.
- Ryan, A., Aikenhead, G. (1992): Student's Preconceptions about the Epistemology of Science, *Science Education*, v76, n6, S. 559-580.
- Solomon, J. (1993): *Teaching Science, Technology and Society*, Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Solomon, J. (1996): *School Science and the Future of Scientific Culture*, *Public Understanding of Science*, v5, S. 157-165.
- Strahl, A., Preißler, I. (2014): *Fachdidaktik der Naturwissenschaften unter besonderer Berücksichtigung der Physik*, BoD.