

1. Einleitung

„Nicht über den Placebo-Effekt hinaus.“

Natalie Grams

Diese Antwort auf die Frage „*Wirken Homöopathika?*“ in einem Interview mit der Zeitung „Die Rheinpfalz“¹ veranlasste die Firma Hevert², Frau Grams eine Unterlassungserklärung zukommen zu lassen³. Die ehemalige Homöopathin solle sich verpflichten, es ab sofort zu unterlassen, dies zu behaupten. Hevert, selbst Hersteller homöopathischer Arzneimittel, drohte bei Zuwiderhandlung mit einer Vertragsstrafe von 5.100 €. Die Tatsache, dass ein millionenschweres⁴ Pharmaunternehmen so dünnhäutig und emotional auf eine belegte Tatsachenbehauptung (vgl. 4.3.1.) reagiert, illustriert eindrucksvoll, dass die Missachtung wissenschaftlicher Erkenntnisse⁵ tief in unserer Gesellschaft verwurzelt ist. Möglicherweise sieht Hevert in Grams Aussage eine direkte Gefahr für den Absatz der hergestellten Produkte. Aber wie kann es sein, dass einer Antwort, die auf den Erkenntnissen wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen beruht, mit solch extremen juristischen Mitteln begegnet wird?

Neben diesem Beispiel existieren unzählige weitere, in denen Wissenschaftsleugnung und antiwissenschaftliche Weltbilder im Großen (z. B. die Leugnung der menschengemachten globalen Erwärmung⁶) wie im Kleinen (z. B. die Zerstörung von Funkmasten aus Angst, dass der neue 5G-Standard COVID-19 verbreiten würde⁷) Schaden verursachen. Offenbar unterliegt die rationale Urteilsbildung einer Reihe von Effekten, die zu einem verzerrten Bild der Realität führen, in dem wissenschaftlicher Konsens nur eine von vielen „Meinungen“ darstellt.

Die Ursachen sind vielfältig. Neben (entscheidungs-)psychologischen Aspekten spielen auch soziologische Faktoren sowie (religiöse) Weltanschauungen eine große Rolle bei der Bewertung kontroverser und komplexer Themen (Björnberg et al., 2017). Akademische Experten⁸ und Wissenschaftler werden zudem in der Regel als weniger glaubwürdig erachtet, als die eigenen Peers (Edelman Trust Barometer, 2018) Versteht man Wissenschaft als das, was Wissenschaftler machen, wird schnell ersichtlich, dass ihr Ansehen in der Gesellschaft sinkt⁹. Diese Entwicklung zeigt, dass dringender Handlungsbedarf in Schule und Unterricht besteht.

Im Rahmen der Bewertungskompetenz sollen Schüler dazu befähigt werden, „chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten“ zu können

¹ Artikel aus der Zeitung „Die Rheinpfalz“ (Reimer, 2019)

² Hevert-Arzneimittel GmbH & Co. KG

³ Artikel aus der Zeitung „Süddeutsche Zeitung“ (von Eichhorn, 2019)

⁴ 30 Millionen € Umsatz (Stand 2018) (Hofmann, 2019)

⁵ Homöopathische Mittel wirken nicht über den Placebo-Effekt hinaus (vgl. 4.3.1.).

⁶ Es existieren hunderte Klimaleugnerorganisationen in dutzenden Staaten der Erde (McKie, 2018). Alleine den US-Organisationen stehen beinahe 1.000.000.000 US-Dollar zur Verfügung (Brulle, 2014). Etwa drei Viertel der Menschen, die sich als Konservative oder Republikaner sehen, halten die Darstellung der Medien zur globalen Erwärmung für übertrieben (Dunlap et al., 2016).

⁷ Innerhalb eines Monats wurden in Großbritannien 77 Funkmasten zerstört oder beschädigt (Hamilton, 2020). Sogar die WHO reagierte, indem sie die offenbar verbreitete Meinung widerlegte (World Health Organization, 2020). Auch andere Organisationen sahen sich genötigt, entsprechende Untersuchungen oder Statements zu veröffentlichen (International Commission in non-ionizing Radiation Protection, 2020). Mittlerweile wächst die Sorge bei Mobilfunkanbietern, dass weitere Funkmasten aus diesem Grund zerstört werden (Pressmann, 2020).

⁸ In der folgenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich auf Personen beiderlei Geschlechts.

⁹ Im Edelman Trust Barometer wird das Ergebnis als niedrigster bisher gemessener Wert angegeben (Edelman Trust Barometer, 2018).

(Kultusministerkonferenz, 2004, S. 7). Fachtypische Kenntnisse sollen genutzt werden, um „lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen“ (ebd.). Damit fordern die Bildungsstandards längst eine Vermittlung von Fertigkeiten, welche Lernende nicht nur zu rationaler Urteilsbildung befähigen soll. Auch eine Auseinandersetzung mit jenen Kontexten, die tatsächlich lebensweltlich relevant sind, soll erfolgen. Die Bewertungskompetenz stellt viele (angehende) Lehrkräfte allerdings vor große Herausforderungen. Entweder aus mangelndem Verständnis oder aus mangelndem Interesse werden in erster Linie Inhalte vermittelt, ohne eine angemessene naturwissenschaftliche Grundbildung und die Befähigung rationaler Urteilsbildung zu bedenken (Hartmann-Mrochen, 2011). Bewertungskompetenz sollte daher „verstärkt in den Fokus fachdidaktischer Forschung gerückt“ werden (Susanne Bögeholz et al., 2018a, S. 261). Auch Kolsto beschreibt fundierte Urteilsbildung als Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts und sieht die Fähigkeit, kriteriengeleitete Entscheidungen zu treffen als Kern der Wissensvermittlung¹⁰ an (Kolstø & Ratcliffe, 2007). Denn wie, wenn nicht mit Fachwissen und Methodik, lassen sich Behauptungen wie die folgende als Pseudowissenschaft entlarven?

„Tafelsalz besteht meistens aus einem Drittel Glas, einem Drittel Sand und einem Drittel Salz. Also kratzt das Glas oder der Sand an den Arterien und sie fangen an zu bluten. Also geht das ganze Cholesterin dorthin um es zu stoppen, um es zu retten – um den Blutdruck zu stoppen, damit man nicht innerlich verblutet.“¹¹

Leonard Coldwell¹²

Aussagen wie diese, die bestehende wissenschaftliche Erkenntnisse ignorieren oder beliebig manipulieren, sind keine Randerscheinung (vgl. 2.1.5.). Hornsey und Fielding geben zu bedenken, dass eine solche Wissenschaftsleugnung, so absurd sie manchem Leser erscheinen mag, nicht zu unterschätzen ist: *„At this point, we would like to reemphasize that this is not a niche concern. (...) Those who hold opinions that fall outside the scientific consensus are not a small, ignorable minority“* (Hornsey & Fielding, 2017, S. 470). Bereits harmlos erscheinende Vorstellungen beinhalten häufig Aspekte, die mit dem derzeitigen Stand der Forschung nicht in Einklang zu bringen sind: „Bei Vollmond kann ich nicht schlafen.“, „Gentechnisch verändertes Gemüse ist ungesund.“, „Homöopathie ist eine wirksame Medizin.“ Offenbar beeinflussen Emotionen und Bauchgefühl in hohem Maße unsere Urteilsbildung, insbesondere dann, wenn uns Kontexte persönlich betreffen. Es bedarf dringend geeigneter Werkzeuge, sowie des Willens, um sich adäquat und zielgerichtet mit unwissenschaftlichen Behauptungen auseinanderzusetzen zu können. Ohne ein solides und rationales Fundament besteht ansonsten immer wieder die Gefahr, Quacksalber und Scharlatanen, alternativen Fakten und Fake News aufzusitzen¹³.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine Unterrichtskonzeption zu entwickeln, durch die Lernende zu rationalen Reflexionen kontroverser Themen befähigt werden. Dabei stehen wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Mittelpunkt. Diese zu erarbeiten und anzuwenden bildet den Kern der Konzeption. Lehrkräften soll dadurch die Möglichkeit gegeben werden, sich intensiv der Vermittlung von kriteriengeleiteter Bewertungskompetenz im Unterricht zu widmen.

¹⁰ anhand kontroverser Kontexte

¹¹ Auszug aus Coldwells Internetpräsenz (René, 2015)

¹² Leonard Coldwell heißt mit bürgerlichem Name Bernd Klein und hat, nach eigenen Angaben, bereits 57.000.000 seiner Bücher verkauft (Grotepass, 2019)

¹³ Natürlich sind nicht alle irrationalen Vorstellungen problematisch, aber ungefährliche können häufig nahtlos an gefährliche anknüpfen (vgl. Bromme, 2020; 2.3.2.5.).

Praktischer Output: *Entwicklung einer praktikablen und stabilen Unterrichtsintervention zur Vermittlung von Bewertungskompetenz anhand selbst erarbeiteter Prüfkriterien*

Theoretischer Output: *Beschreiben von Eigenschaften der entwickelten Intervention, welche eine rationale Bewertung kontroverser naturwissenschaftlicher Kontexte unterstützt*

Beschreiben von Gestaltungsaspekten unterrichtlicher Interventionen zur Vermittlung von Bewertungskompetenz mittels kriteriengeleiteter Urteilsbildung

Dieser Output soll Anreize für Lehrkräfte schaffen, um die abstrakte prozessbezogene Kompetenz „Bewertung“ mit pragmatischen Handlungsoptionen greifbarer zu machen. Die Arbeit soll zudem ein Plädoyer für zeitgemäßen Chemieunterricht sein, welcher die folgenden Aspekte verstärkt berücksichtigt:

- Die explizite Thematisierung und Vermittlung eines aktuellen und rationalen Wissenschaftsverständnisses an Lernende.
- Ein Bewusstsein bei Lehrkräften für die Relevanz wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen.
- Das Thematisieren besonders kontroverser Kontexte im Unterricht.

Zu diesem Zweck wird umfangreiches Material entwickelt und erprobt, welches Lehrkräften ermöglicht, Lernende zu rationalen, kriteriengeleiteten Entscheidungen zu befähigen. Die Ergebnisse sollen auch Aufschluss über Lern-, Entscheidungs- und Urteilsprozesse geben. In einem letzten Schritt werden mögliche Anknüpfungspunkte für kommende Forschungsarbeiten, die sich mit der gleichen (oder einer ähnlichen) Thematik beschäftigen, formuliert.

Die übergeordnete Fragestellung lautet:

Wie können Lernende dazu befähigt werden, kontroverse naturwissenschaftliche Kontexte kriteriengeleitet zu bewerten?

Die Arbeit umfasst im Wesentlichen zwei Teile. Der theoretische Rahmen (2.) beinhaltet sämtliche Erkenntnisse aus den Bereichen Wissenschaft (2.1.), Bewertungskompetenz (2.2.), Erkenntnisse der Psychologie (2.3.) und Kontexte zur Vermittlung von Bewertungskompetenz (2.4.). Dazu wird Literatur gesichtet und in Beziehung gesetzt, die für den empirischen Teil der Arbeit von Relevanz ist. In Form von Zusammenfassungen und Essenzen am Ende der jeweiligen Kapitel werden diese zur späteren Nutzung dargestellt. Der empirische Teil umfasst eine ausführliche Beschreibung des methodischen Vorgehens (3.), sowie den tatsächlichen Projektverlauf. Dieser erfolgt im Rahmen des Design-Based Research-Ansatzes und verfolgt die oben formulierten Ziele und die übergeordnete Fragestellung (Barab & Squire, 2004). Diese Methodik stellt einen iterativen Prozess dar, der direkt an ein bestehendes Problem aus der Praxis (s. o.) anknüpft (3.). Der eigentlichen Entwicklung der Unterrichtskonzeption mit dem Namen

choice²reflect gehen dabei mehrere Schritte voraus. So werden zu Beginn sieben leitfadengestützte Interviews durchgeführt, um ein besseres Verständnis für die Nutzung von Fachwissen bei Entscheidungsprozessen zu erhalten (4.1.1.). Eine Fragenbogenstudie gewährt einen tieferen Einblick in das vorliegende Verständnis von Wissenschaft (4.1.2.). Aufbauend auf diesen Ergebnissen erfolgt eine sorgfältige Analyse, die die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien maßgeblich beeinflusst.

Die Entwicklung und Erprobung wissenschaftlicher Prüfkriterien (4.2.1. – 4.2.9.) wird ausführlich präsentiert. Dabei liegt ein Schwerpunkt der Auswertung auf Gelingensbedingungen bei der unterrichtlichen Auseinandersetzung mit den Materialien.

Inwieweit der Kontext Homöopathie, welcher sich in 4.1.1. & 4.1.2. als sehr interessant für Lernende zeigte, für den Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht geeignet ist, stellt den nächsten Schritt des Forschungsansatzes dar (4.3.1.). Zur Konkretisierung wurde wiederum Material entwickelt und erprobt (4.3.2.). Es stellt einen Einstieg in den Kontext dar, welcher Anreize zu einer problemorientierten und kriteriengeleiteten Auseinandersetzung bieten soll.

Sämtliche Erkenntnisse fließen zusammen in einem vierten Schritt, in dem die Unterrichtskonzeption choice²reflect entwickelt und die designten Materialien erprobt werden. Dazu werden zuerst generelle Aspekte einer didaktischen Rahmung zur Vermittlung von Bewertungskompetenz beschrieben (4.4.1.). Darauf folgt die Entwicklung und Beschreibung der Unterrichtskonzeption, welche nachfolgend in Form einer unterrichtlichen Intervention in Gänze durchgeführt wird.

Die Daten beinhalten Tonaufnahmen (4.1.1.; 4.2.2.; 4.2.3.; 4.2.4.; 4.3.2.), Videografien (4.2.6.; 4.4.2.), sowie ausgefüllte Arbeitsblätter (4.2.2.; 4.2.3.; 4.2.4.; 4.2.6.; 4.4.2.) und Fragebögen (4.1.2.; 4.2.4.; 4.3.2.; 4.4.2.) in Kleingruppen (4.1.1.; 4.2.3.; 4.3.2.), sowie in Klassenstärke (4.2.2.; 4.2.4.; 4.2.6.; 4.4.2.). Die Auswertungen erfolgen jeweils angepasst an die jeweiligen Fragestellungen und werden an entsprechender Stelle beschrieben.

Abschließend werden die Erkenntnisse der einzelnen Schritte zusammengefasst (5.). Darauf folgt die Reflexion der lernförderlichen und -hinderlichen Aspekte und des theoretischen sowie praktischen Outputs der Arbeit. Dabei werden zuerst die praktischen Merkmale der Unterrichtskonzeption choice²reflect reflektiert (6.1). Daran knüpft eine erste vorsichtige Theoriebildung an, in der erste Generalisierungen der Ergebnisse vorgenommen werden (6.2.). Die Diskussion sowie ein Ausblick auf weiterführende Fragestellungen stellen das letzte Kapitel der vorliegenden Arbeit dar.

2. Theoretischer Rahmen

In der Motivation zu dieser Arbeit werden unterschiedlichste Problemfelder beschrieben. Der theoretische Hintergrund fasst diese in vier Kapiteln zusammen. Unter 2.1 werden die Begriffe *Wissenschaft* und *Nature of Science* ausführlich untersucht und mit speziellem Fokus auf Anwendbarkeit und Nützlichkeit in Schulen beschrieben. In Kapitel 2.2 werden zum einen die Rolle der Wissenschaft in den *Bildungsstandards* diskutiert und zum anderen die bisherigen Erkenntnisse zum *Kompetenzbereich Bewertung* ausführlich erörtert. Letzterer wird im Kapitel 2.3 weiterführend diskutiert, indem aktuelle Erkenntnisse der Kognitionswissenschaft und der *Entscheidungspsychologie* mit denen der Didaktik verknüpft werden. In 2.4 wird ein Blick auf Kontexte zur Vermittlung von Bewertungskompetenz für den naturwissenschaftlichen Unterricht geworfen. Am Ende der jeweiligen Kapitel erfolgt eine kurze Zusammenfassung und eine Sammlung sogenannter *Essenzen*, die für den empirischen Teil dieser Arbeit relevant sind.

2.1. Wissenschaft

“Science is more than a body of knowledge, it’s a way of thinking, a way of skeptically interrogating the universe with a fine understanding of human fallibility.”

Carl Sagan

Mit dieser Analyse des Wissenschaftsbegriffs verknüpft Sagan eine bestimmte wissenschaftliche Geisteshaltung bzw. skeptisches Erforschen unserer Umwelt direkt mit einem feinen Gespür für die eigene Fehlbarkeit. Diese untrennbare Verknüpfung von Wissenschaft auf der einen und Reflexion der eigenen Fertigkeiten auf der anderen Seite bildet ein solides Fundament zum tieferen Verständnis des viel diskutierten Wissenschaftsbegriffs und dem, was direkt oder indirekt damit verbunden ist.

Um zu verstehen, inwieweit wissenschaftliches Denken bei der Bewertung naturwissenschaftlicher Kontroversen eine Rolle spielt, ist es wichtig zu verstehen, was wissenschaftliches Denken überhaupt ausmacht. Ziel dieses Kapitels soll demnach sein, zu klären, was unter dem mehrdeutigen Begriff Wissenschaft verstanden werden kann, warum dieser überhaupt mehrdeutig ist und welche Aspekte dieser Auseinandersetzung relevant sind für den empirischen Teil dieser Arbeit.

In der Einleitung wurde bereits angedeutet, welche wichtige Rolle das Verstehen wissenschaftlicher Erkenntnisse heute spielt (1). Dies impliziert auch, dass ganz klar ist, was wissenschaftliche Erkenntnisse sind (und was nicht). Die zunehmende Konfusion rund um eine eindeutige Definition von Wissenschaft macht eine ausführliche Analyse notwendig um Handlungsoptionen für die Vermittlung damit verbundener Konzepte entwickeln zu können.

Die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontroversen setzt ein Verständnis naturwissenschaftlicher Methoden sowie Denk- und Arbeitsweisen voraus. Gott & Duggan, bezugnehmend auf Ryder & Davis, explizieren die Bedeutung wissenschaftlicher Erkenntnisse bei Entscheidungsfindungsprozessen (Gott & Duggan, 2007). Das experimentelle Design von Experimenten und Tests zu verstehen sei demnach ebenso wichtig (oder sogar wichtiger) wie das Verstehen von den dadurch produzierten Ergebnissen/Erkenntnissen. Der wissenschaftlichen Methodik kommt dadurch eine sehr prominente Rolle zu. Gott & Duggan sehen in ihr eine

Grundvoraussetzung um (reflektierte) Entscheidungen über jene naturwissenschaftlichen Aspekte zu treffen, die das eigene Leben direkt beeinflussen können (Gott & Duggan, 2007).

Kurz: Wissenschaftliche Methodik ist ein notwendiges Werkzeug um sich immer dann eine Meinung zu bilden, wenn etwas, das unser Leben beeinflusst, naturwissenschaftliche Aspekte aufweist oder benötigt (Ryder, 2001). Dies sind starke Indizien dafür, dass in Entscheidungsprozessen innerhalb kontroverser naturwissenschaftlicher Kontexte nicht nur wissenschaftliche Erkenntnisse adäquat beurteilt werden sollten. Vielmehr müssen die Wege und Prozesse, welche zum Erlangen dieser Erkenntnisse nötig waren, verstanden werden.

In diesem Kapitel wird zu Beginn der Begriff Wissenschaft untersucht, indem verschiedene Definitionen miteinander verglichen werden (2.1.1). Es folgt ein kritischer Vergleich zwischen *Science* und *Wissenschaft*, der sowohl etymologisch als auch in seiner jetzigen Bedeutung notwendig für ein Verständnis der Thematik ist (2.1.2). Die Übersicht über die Erkenntnisse aus der Forschung zur Natur der Naturwissenschaft beinhaltet bereits wichtige Implikationen für Unterrichtsinterventionen (2.1.3). Im darauffolgenden Abschnitt wird das Experiment und dessen Zusammenhang mit dem Wissenschaftsbegriff thematisiert (2.1.4). Unter 2.1.5 findet eine ausführliche Auseinandersetzung mit Pseudowissenschaften statt. Es folgen eine kurze Zusammenfassung des gesamten Kapitels (2.1.6) sowie eine Auflistung der Essenzen, welche als pragmatische Handlungsanweisungen bei der Vermittlung von Wissenschaftsverständnis zu verstehen sind (2.1.7).

2.1.1. Definition(en) von Wissenschaft

Der Begriff Wissenschaft hat sich im Laufe der Jahrhunderte gewandelt und ist heute nicht klar definierbar. Im Wesentlichen gibt es zwei (nicht trennscharfe) Möglichkeiten ihn zu beschreiben:

1. Wissenschaft bezeichnet die Gesamtheit aus Wissen, Erfahrungen und Erkenntnissen. Diese wird ständig systematisch erweitert, gesammelt und überliefert (Brockhaus, 1994). Wissenschaft ist ein komplexes System aus Erkenntnissen über die Eigenschaften, Gesetzmäßigkeiten und kausalen Zusammenhänge in der natürlichen Welt (Klaus & Buhr, 1975).
2. Wissenschaft ist ein *methodischer Prozess*, um zu Erkenntnissen zu gelangen. Sie beschreibt eine Vielzahl von Methoden, welche uns ermöglichen, Phänomene präzise und intersubjektiv nachvollziehbar untersuchen und beschreiben zu können (Carrier, 2011, S. 312; Kohlstedt, 2005)¹⁴. Wissenschaft ist demnach nicht nur ein in sich stimmiges System aus Erkenntnissen, sondern steht auch nicht im Widerspruch zu unwiderlegten wissenschaftlich begründeten Theorien außerhalb seiner eigenen Grenzen (innere und äußere Konsistenz) (Grams, 2018). Sie ist ein systematisiertes *Verfahren zur Überprüfung* von Phänomenen der natürlichen Welt und zur Gewinnung von Erkenntnissen, also nachweislich begründbaren Aussagen (Grams, 2018). Die wissenschaftliche Methode ist damit in der Lage Naturereignisse objektiv und auf reproduzierbare Art und Weise zu beschreiben (Dalla Chiara & Di Francia, 1976, S. 13).

¹⁴ Im Oxford Dictionary kann der Begriff „Science“ auf das Jahr 1834 zurückdatiert werden.