

pogenen Klimawandel. Naturwissenschaften haben einen gewichtigen Anteil an der Entwicklung von Motoren oder an der Perfektionierung der Viehhaltungsmethoden. Gleichzeitig sind sie allerdings Teil des Lösungssystems. Diese Dialektik gilt es Lernenden im Feld der Naturwissenschaften deutlich zu machen (Roth, Barton 2004, S. 1–6).

Die hier geäußerte Kritik stellt die Überlegungen einer Scientific Literacy nicht grundsätzlich in Frage. Vielmehr können diese unter dem Gliederungspunkt drei genannten Einwände als Erweiterung des Konzeptes der Scientific Literacy gedacht werden. Sofern weiterhin von Partizipation und damit einer Erweiterung von Handlungsspielräumen sowie einer kritischen Reflexion des Zusammenhanges von Gesellschaft und Naturwissenschaften gesprochen wird, kann der Vorwurf einer Entwertung durch Verwertung im Rahmen des Kompetenzbegriffes zumindest deutlich abgeschwächt werden. Kompetenzen in diesem Sinne werden zu einer vermittelnden Größe zwischen Subjekt und Umwelt (Frank 2013, S. 3–5). Bleiben noch die kritischen Überlegungen des Gliederungspunktes zwei. Hier muss eingewendet werden, dass Inhalt und Methode im Kontext unterrichtlichen Handelns immer verknüpft sind. So wichtig der Hinweis einer möglichen inhaltlichen Überfrachtung auch ist, lässt er sich kaum durch eine alleinige Fokussierung auf Methoden lösen.

1.1.2 Das Durchführen von Experimenten

In der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur des Elementarbereiches wird das Experiment in der Regel als *beliebige Gestaltungsgröße* didaktischer Planungen in naturwissenschaftlichen Bildungsangeboten dargestellt. Die Kinder sollen in diesem Zusammenhang *Erfahrungen sammeln* (Alemzadeh, Rosenfelder 2009, S. 15f.), *Forscher sein* (Pareigis 2011, S. 16–20), eine *Idee überprüfen* (Kauertz 2012, S. 100) oder auch Experimentieranleitungen *Schritt für Schritt* abarbeiten (Lück 2005, S. 25–33). Aus dieser Thematisierungsweise entsteht der Eindruck einer relativ beliebigen Gestaltungsgröße (Murmann, Krummbacher 2007, S. 293). Etwas überspitzt ließe sich hier Anlehnung an Hacking ein „(...) völlig verständnisloses Herumbosseln an der Natur (...)“ konstatieren (ebd. 1996, S. 256).

Eine solche Sichtweise ist in der Didaktik der Naturwissenschaften breit thematisiert und kritisiert worden. Prominent ist hier wesentlich eine Argumentationsperspektive, die sich unter dem Schlagwort *Nature of Science (NOS)* (McComas, Clough, Almazroa 2002) zusammenfassen lässt. Dabei kann folgende Definition herangezogen werden:

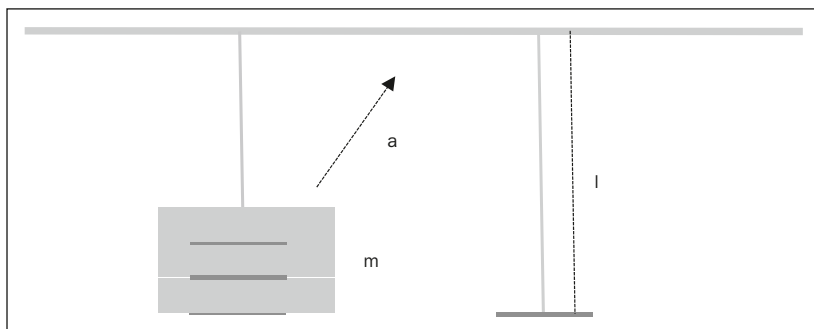
„Typically, NOS refers to the epistemology and sociology of science, science as a way of knowing, or the values and beliefs inherent to scientific knowledge and its development.“ (Ledermann et al. 2002, S. 499)

Aus der Perspektive von Nature of Science rücken damit gerade die Methoden der Naturwissenschaften in den Mittelpunkt des Interesses (Kunz 2016, S. 200–205). Hiervon ausgehend ist es sinnvoll einen Einblick in die Methodologie des Experimentes zu unternehmen.

Ein Experiment stellt zunächst einen *Eingriff* in die Natur dar. Die zentrale Idee besteht dabei darin, dass dieser Eingriff im Rahmen einer bestimmten Prozedur zu erfolgen habe und dass die Konsequenzen dieses Eingriffes wahrzunehmen sind. Diese Figur des Eingriffes stellt die wesentliche Unterscheidung zu einem rein beobachtenden Zugang dar (Carnap 1986, S. 49). Der Prozess des Experimentierens kann vor allem durch die folgenden drei Aspekte konkretisiert werden:

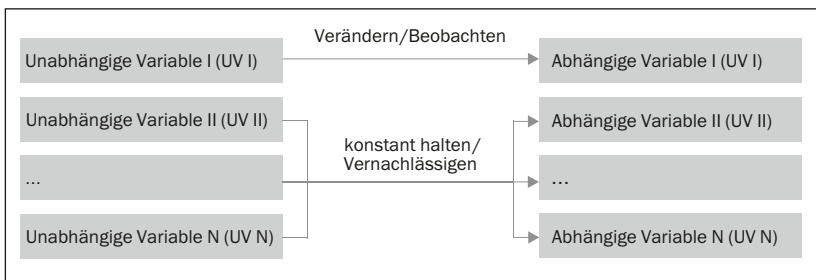
1. *Variablenauswahl*: Ein Experiment stellt immer eine Reduktion, einen begrenzten Wirklichkeitsausschnitt, dar. Daher gilt es in einem ersten Schritt die Untersuchungsvariablen zu bestimmen. Unter einer Variablen soll hier ein änderbarer Parameter verstanden werden. Die Änderung kann dabei qualitativ oder quantitativ erfolgen beziehungsweise ermittelt werden.
2. *Bestimmung der abhängigen und unabhängigen Variablen*: Nun gilt es die als relevant erscheinenden Variablen in unabhängige und abhängige Variablen einzuteilen. Dies sei anhand eines Beispiels erläutert. Gegeben seien zwei *mathematische Pendel*, die nebeneinander hängen. Ziel ist es, beide Pendel In-Phase-Schwingen zu lassen, was bedeutet, dass beide Pendel in jedem beliebigen Punkt des Kreisbogens, den sie beschreiben, sich auf einer Ebene befinden. Dazu können drei Parameter verändert werden. Die Masse der Pendelkörper (m) durch unterschiedlich viele Gewichtsscheiben, die Fadenlänge der Pendel (l) und die Auslenkung der Pendelkörper (a) durch unterschiedliche ‚Loslasspunkte‘. Diese Überlegungen werden in Abbildung 3 konkretisiert.

Abbildung 3: Das Vario-Pendel (nach dem Exponat im Science Center Phänomenta e. V., Flensburg)



Es gilt nun herauszufinden, welche(r) der drei Parameter Einfluss auf das In-Phase-Schwingen der beiden Pendel haben/hat. Wir setzen das In-Phase-Schwingen als abhängige Variablen, die übrigen drei (m , l , a) als unabhängige Variablen. Es gilt nun unter Konstanthaltung von zwei unabhängigen Variablen den Einfluss der übrig gebliebenen dritten unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable zu ermitteln⁴. Nach diesem Muster wird mit allen drei unabhängigen Variablen verfahren, um eine Variablenkonfundierung, das heißt eine Durchmischung von Variablen auszuschließen. Eine Verallgemeinerung dieses Vorgehens wird nochmals in Abbildung 4 beschrieben.

Abbildung 4: Variablenmanipulation im Experiment (nach Asmussen 2013, S. 45)



3. *Experimentelle Gestaltung*: Das experimentelle Setting ist so zu wählen, dass der relevante Phänomenbereich zuverlässig, das heißt reproduzierbar hervorgerufen werden kann. Mögliche Störeinflüsse gilt es zu kontrollieren. Dies könnte in unserem Beispiel bedeuten, ein freies Schwingen der Pendelkörper zu ermöglichen und starken Luftzug zu vermeiden. (Schulz, Wirtz, Staruschek 2012; Abruscato, DeRosa 2010, S. 51 f.)

Von diesem Basisverständnis des Experimentes ausgehend, gibt es eine ganze Reihe von Kontroversen. Hacking spricht in diesem Zusammenhang gar von „Schlachtfeldern“ (1996, S. 19). Exemplarisch soll hier eine dieser Kontroversen herausgegriffen werden. Im Fokus steht dabei die Rolle des Experimentes im Forschungsprozess. Hier können im Rahmen der Wissenschaftstheorie zwei klassische Positionen unterschieden werden, die des *Empirismus* und die des *Kritischen Rationalismus* (Wiltsche 2013, S. 54–96).

4 Dabei muss betont werden, dass Beobachten kein Vorgang des Abbildens ist, sondern vielmehr ein Prozess der Sinnkonstruktion, welcher massiv abhängig ist von einer ganzen Reihe von Prämissen, welche Fleck als „Denkstil“ bezeichnet (ebd. 1980, S. 110–122).

Im Empirismus wird davon ausgegangen, dass jede Theorieaussage sich auf eine Beobachtungsaussage reduzieren lässt. Theorieaussagen werden im Rahmen von Induktionsschlüssen aus Beobachtungen generiert und verifiziert (Carnap 1983; S. 88, 92). Diese Position wurde in der Neuzeit insbesondere vom *Wiener Kreis* vertreten (Geier 1992, S. 106–115). Im Kritischen Rationalismus wird das Verhältnis von Theorie und Empirie neu bestimmt:

„Der Experimentator wird durch den Theoretiker vor ganz bestimmte Fragen gestellt und sucht durch seine Experimente für diese Fragen und nur für sie eine Entscheidung zu erzwingen; alle anderen Fragen müht er sich dabei auszuschalten.“ (Popper 1969, S. 72)

Im Fokus steht dabei nicht die Verifikation von Theorien, sondern die Idee von deren möglichst harter Prüfung mit dem Ziel, diese zu widerlegen – also zu falsifizieren (ebd. 1969, S. 8).

Eine neuere Sichtweise innerhalb der Wissenschaftstheorie stellt die *Duhem-Quine-These* dar. Im Fokus steht dabei nicht mehr die Einzelhypothese, sondern das System der Theorie als Ganzes. Ein Testen von Hypothesen, sei es nun Verifikation oder Falsifikation, erscheint nicht mehr als zielführend, da das Ergebnis dieser Prozesse wesentlich abhängig von den im Hintergrund liegenden Erkenntnissen ist. Eine solche Annahme hat weitreichende Konsequenzen für den Umgang mit empirischen Belegen (Evidenz) und sich widersprechenden Daten (Gegenevidenz). Evidenz und Gegenevidenz sind in dieser Sichtweise keine zwingenden Entitäten mehr, sondern werden interpretierbar vor dem Hintergrund des gesamten Theoriekorpus. Konkret: Gegenevidenz muss nicht zu einem Verwerfen der Theorie führen, sondern kann lediglich eine Modifikation innerhalb des Systems der Theorie nach sich ziehen (Kosler 2017).

Es ist daher auf der Basis der gezeigten Befunde nicht beliebig, wie Experimente in das Bildungsgeschehen eingebunden werden. Vielmehr gilt es das Experiment als systematische Arbeitsform der Naturwissenschaften angemessen darzustellen und zu thematisieren. Die didaktischen Konsequenzen gehen hier unterschiedlich weit. Exemplarisch seien hier auf die folgenden Thematisierungsweisen beschrieben:

1. Begriffliche Unterscheidungen
2. *Nature of Science*
3. *Science as an Inquiry*

Ad 1: Um Charakteristika und unterschiedliche Bedeutungen von Experimenten in Bildungsprozessen zu verdeutlichen, hat es sich im deutschsprachigen Diskurs etabliert, eine Reihe von begrifflichen Unterscheidungen zu treffen. In Tabelle 2 wird ein Überblick gegeben.

Tabelle 2: Begriffliche Unterscheidungen zu experimentellen Tätigkeiten in Experimenten (nach Hartinger et al. 2013, S. 4–7)

Bezeichnung	Inhalt
<i>Experiment</i>	Im Fokus steht eine Hypothese beziehungsweise Fragestellung, die von den Lernenden selbstständig bearbeitet wird.
<i>Versuch</i>	Hier steht nicht die Frage im Vordergrund. Die Lernenden werden vielmehr aufgefordert, eine bestimmte Schrittfolge zu durchlaufen.
<i>Explorieren</i>	Zentrales Moment ist hier der selbstgesteuerte Umgang mit zur Verfügung gestellten Materialien.
<i>Laborieren</i>	Laborieren beginnt mit einer Fragestellung. Die Art und Weise der Bearbeitung ist dagegen durch eine spezifische Schrittfolge der Bearbeitung didaktisch arrangiert.

Im Rahmen der Aufstellung aus Tabelle 2 werden allerdings zentrale Unterscheidungsformen des Experimentes außer Acht gelassen. In Anlehnung an Wiesner, Schecker und Hopf gilt es weiterhin die folgenden drei Unterscheidungsdimensionen zu beachten (ebd. 2013, S. 109):

Materialeinsatz

Bezüglich des Materialeinsatzes kann zwischen Labormaterialien und Versuchen mit einfachsten Mitteln, teilweise auch *Freihandversuche* genannt, unterschieden werden. Freihandversuche werden zumeist ohne Labormaterialien auf der Basis von Alltagsgegenständen durchgeführt. Dies macht deren Durchführung preisgünstig, sorgt für eine enge Verzahnung mit der Lebenswelt der Lernenden und reduziert den Vorbereitungsaufwand für die pädagogischen Fachkräfte auf ein Minimum. Freihandversuche werden zumeist qualitativ durchgeführt, da die Messmöglichkeiten durch das Alltagsmaterial sehr begrenzt sind (Zwiorek 2010, S. 178 f.; Schlichting 1996). Ein typisches Beispiel für einen Freihandversuch ist der Folgende: Ein Teller wird mit Wasser gefüllt. In das Wasser legt man nun ein brennendes Teelicht. Über dieses wird ein Glas gestülpt:

Abbildung 5: Freihandversuch verlöschende Kerzenflamme (Projekt *Versuch macht klug*)

