

Susanne Metzger¹
 Anja Lembens²
 Julia Arnold¹

¹Pädagogische Hochschule FHNW
²Universität Wien

Praktisches naturwissenschaftliches Arbeiten im Spannungsfeld der Disziplinen

Für das praktische naturwissenschaftliche Arbeiten werden in den Unterrichtsfächern und Fachdidaktiken Biologie, Chemie, Physik und Sachunterricht zwar oft die gleichen Begriffe verwendet, das (normative) Begriffsverständnis scheint aber sehr divers. Dies kann beispielsweise dazu führen, dass Forschungsergebnisse nicht vergleichbar sind oder normative Kompetenzerwartungen („experimentelle Kompetenzen“) uneinheitlich interpretiert werden. Im Workshop wurden verschiedene Begriffe zum praktischen naturwissenschaftlichen Arbeiten analysiert und diskutiert.

Praktisches naturwissenschaftliches Arbeiten

Unbestritten sind Methoden der Erkenntnisgewinnung zentral in den Naturwissenschaften und damit auch im naturwissenschaftlichen Unterricht (z.B. Bybee, 2006; Emden, Bewersdorff & Baur, 2019). Aber in der naturwissenschaftlichen Bildung gibt es zum einen unterschiedliche Terminologien und Taxonomien (Arnold, 2015; Rieß, Barzel, & Wirtz, 2012; Wellnitz, 2012; Wilhelm & Kunz, 2016), zum anderen verschiedene Arten von Untersuchungsmethoden zur Wissensgenerierung, die unterschiedliche Ziele verfolgen und unterschiedliche Anforderungen an Lernende stellen (Wellnitz & Mayer, 2013). Sich für eine einzige Taxonomie zu entscheiden, ist schwierig, da auch jede dieser Taxonomien mit unterschiedlichen Zielen verbunden ist (Barzel, Reinhoffer & Schrenk, 2012). Die Heterogenität bei den Begriffen zum praktischen naturwissenschaftlichen Arbeiten wird auch in Lehrplänen und Bildungsstandards in Deutschland, Österreich und der Schweiz deutlich; in den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in Deutschland z.B. auch zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern (Tabelle 1).

Die uneinheitliche Verwendung der Begriffe zum praktisch naturwissenschaftlichen Arbeiten kann zu Verwirrung und Missverständnissen führen und so den Fortschritt in der Forschung behindern (Höttecke & Rieß, 2015; Wilhelm & Kunz, 2016; Wellnitz & Mayer, 2013). Dennoch wurden bis dato weder verschiedene Begriffsverständnisse systematisch erforscht noch mögliche Ursachen für die uneinheitliche Verwendung der Begriffe analysiert, die eine evidenzbasierte Taxonomie der verschiedenen Begriffsverständnisse ermöglichen würden.

Um den Fragen nachzugehen, welche Begriffsverständnisse im deutschsprachigen Raum bestehen, ob das vorherrschende Begriffsverständnis spezifisch für verschiedene Gruppen (Disziplinen, Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Unterricht) ist, welche Probleme mit unterschiedlichen Begriffsverständnissen assoziiert werden und wie sich daraus ergebenden Problemen entgegengewirkt werden könnte, wurde unter anderem dieser Workshop lanciert.

BIOLOGIE	CHEMIE	PHYSIK
Die Biologie nutzt die kriterienbezogene Beobachtung von biologischen Phänomenen, das hypothesengeleitete Experimentieren , das kriterienbezogene Vergleichen und die Modellbildung als grundlegende wissenschaftsmethodische Verfahren. Beim hypothesengeleiteten Arbeiten gehen die Schülerinnen und Schüler in drei Schritten vor. [...] Sie wenden dabei in der Biologie bestimmte Arbeitstechniken an wie das Mikroskopieren , das Bestimmen oder das Auszählen von Lebewesen. [...]	Grundlage für das Erschließen von Erkenntnissen ist die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, die für den zu bearbeitenden Sachverhalt bedeutsamen und durch das Fach Chemie beantwortbaren Fragestellungen zu erkennen sowie geeignete Untersuchungsmethoden anzuwenden. [...] Das Experiment hat dabei zentrale Bedeutung.	Physikalische Erkenntnisgewinnung ist ein Prozess, der durch folgende Tätigkeiten beschrieben werden kann: <ul style="list-style-type: none"> - Wahrnehmen [...] - Ordnen [...] - Erklären [...] - Prüfen [...] - Modelle bilden [...] Eingebettet in den Prozess physikalischer Erkenntnisgewinnung sind das Experimentieren und das Entwickeln von Fragestellungen wesentliche Bestandteile physikalischen Arbeitens.

Tabelle 1: Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in Deutschland (KMK, 2005)

Methode

Am Workshop nahmen Biologie-, Chemie-, Physik-, Sachunterrichts- und Technikdidaktikerinnen und -didaktiker aus Deutschland, Österreich und der Schweiz teil (eine Liste der Teilnehmenden findet sich am Ende dieses Beitrags). Nach einer kurzen Einführung in die Problemstellung wurde in Gruppen von je vier Personen zu je vier Begriffen gearbeitet. Die Begriffe wurden im Umlaufverfahren beschrieben bzw. die Beschreibungen ergänzt oder schriftlich kommentiert (Placemat-Methode). Da die Diskrepanzen für die Beschreibung und Verwendung von Begriffen zu Arbeitstechniken (Mayer, 2007), wie zum Beispiel Messen oder Mikroskopieren, wesentlich geringer scheinen als zu Untersuchungsmethoden zur Beantwortung wissenschaftlicher Fragen im Rahmen des hypothetisch-deduktiven Verfahrens (Kremer et al., 2012), wurde im Workshop auf letztere fokussiert. Die Auswahl der Begriffe erfolgte auf Basis deutscher, österreichischer und Schweizer Lehrpläne und Bildungsstandards. Abschließend wurden die Ergebnisse der (verschriftlichten) Gruppendiskussionen im Plenum besprochen. Im Nachgang an den Workshop wurden die Schriftstücke unter Einbezug von Notizen aus dem Plenumsgespräch ausgewertet und kategorisiert.

Ergebnisse des Workshops

Im Folgenden wird eine Zusammenfassung der Begriffsverständnisse dargestellt.

Betrachten

ZIEL UND BEGRIFFSWEITE: Einig sind sich die Gruppen, dass beim Betrachten bewusst wahrgenommen wird, „was etwas ist“ bzw. „wie etwas ist“. Dabei können sowohl statische Zustände als auch Veränderungen in den Blick genommen werden. Diese Handlung kann sowohl zur Erkenntnisgewinnung als auch zur reinen Erbauung dienen. Kontrovers wird diskutiert, ob es rein visuell, ohne Hilfsmittel (Mikroskop, Lupe) oder auch unter Zuhilfenahme von Messinstrumenten erfolgen kann; andere Gruppen diskutieren, ob eine Betrachtung neben der visuellen Wahrnehmung auch andere Sinne mit einbeziehen kann.

BEDINGUNGEN: Betrachtet wird in biologischen Kontexten häufig, in physikalischen eher nicht. Die Eigenschaften des Gegenstandes sollen beim Betrachten nicht verändert werden, es findet demnach keine Beeinflussung statt, insofern hat der/die Betrachter*in einen gewissen

Abstand und ist eher passiv. Uneinigkeit herrscht darüber, ob Betrachtungen auch kriteriengeleitet oder mit einer konkreten Fragestellung stattfinden können, oder immer unvoreingenommen stattfinden und von unstrukturierter Natur sind. Das Betrachten kann zur Generierung von Fragen und/oder Hypothesen führen. Eine Gruppe diskutiert kontrovers einen sprachlichen Bezug, in dem eine Betrachtung zu einer schriftlichen oder mündlichen Beschreibung führt oder gar selbst eine sprachliche Handlung ist.

BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Es wird eine aufsteigende Linie vom Ansehen über das Betrachten zum Beobachten gezeichnet, wobei ausdrücklich (noch) keine Interpretation des Betrachteten vorgenommen wird/werden soll.

Beobachten

ZIEL UND BEGRIFFSWEITE: Beim Beobachten werden Sachverhalte, Experimente, Phänomene, Situationen, Prozesse und zeitliche Veränderungen bewusst wahrgenommen, wobei für fast alle Gruppen visuelle, akustische und fühlende Wahrnehmung sowie zum Teil auch Hilfsmittel eingeschlossen sind. (Anm.: Bei der Aufzählung dessen, was beobachtet wird, wird der Vielfalt der Nennungen aus den Gruppen Rechnung getragen, wobei fast immer explizit die Prozesshaftigkeit genannt wird). In der Diskussion im Plenum wird zudem genannt, dass es beim Beobachten darum ginge, Korrelationen festzustellen.

BEDINGUNGEN: Fast alle Gruppen schreiben auf, dass das Beobachten kriteriengeleitet erfolgen müsse. Eine Gruppe, die dies nicht erwähnt, schreibt entsprechend, dass Beobachtungen subjektiv sein können, während eine andere Gruppe explizit schreibt, dass die Beobachtung objektiv erfolgen müsse. Für zwei von fünf Gruppen ist es wichtig, die Beobachtung von der Deutung und der Interpretation zu trennen.

UNTERSCHIEDLICHE BEDEUTUNGEN: Zum einen wird Beobachten als eigenständige Methode angesehen (vor allem in der Biologie), zum anderen als Teil des Experimentierprozesses (vor allem in der Physik) oder als Teil anderer Untersuchungsmethoden.

BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Von den meisten Gruppen wird beschrieben, dass sich das Beobachten vom Betrachten dadurch abgrenzt, dass dynamische Prozesse beobachtet und statische Szenarien betrachtet werden. Eine Gruppe weist explizit darauf hin, dass Beobachten und Messen nicht dasselbe ist. Eine andere Gruppe grenzt das Beobachten als willkürliches Schauen auf etwas vom Untersuchen (als gezieltes Schauen) ab.

Vergleichen

ZIEL: Das Vergleichen wird in den Gruppen beschrieben als Tätigkeit zur Identifizierung von Eigenschaften, zur Erfassung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden und zur Generierung von relationalen Aussagen (z.B. größer – kleiner; mehr – weniger). Dabei wird diskutiert, inwiefern eine Kategorien- oder Gruppenbildung mit inbegriffen wird.

KRITERIENORIENTIERUNG: Es besteht weitestgehend Einigkeit darüber, dass der Vergleich kriterienorientiert und stattfindet und jeweils ein Kriterium (mit mehreren Ausprägungen) nach dem anderen fokussiert wird (= kriteriensteter Vergleich). Dabei sind Diskussionspunkte, inwiefern das Kriterium vor dem Vergleich feststehen muss (eine vergleichende Betrachtung kann zur Identifizierung der relevanten Kriterien führen, wobei dies auch erst als Anlass zum Vergleich gesehen werden kann) und inwiefern mehrere Kriterien innerhalb eines Vergleichs herangezogen werden können (hier wurde dann zwischen Mikroprozess und Makroprozess, der quasi eine Sequenz von Vergleichen darstellt, unterschieden).

VERGLEICHSOBJEKTE: In den Gruppen wird beschrieben, was verglichen werden kann, wie z.B. Größen, Dimensionen (Werte, Daten, Dinge, Farben, ...), Objekte, Phänomene, Gegenstände, Lebewesen, Messwerte, Verfahren und Modelle oder auch Ergebnisse und Beobachtungen aus Versuchen und Experimenten, die mit einem Modell (hier waren vermutlich auch Hypothesen gemeint) verglichen werden. Dabei identifizieren zwei Gruppen verschie-

dene Ebenen, auf denen verglichen werden kann: Gegenstandsebene, Modellebene, mathematische, visuelle, funktionelle und praktische Ebene. Einigkeit besteht darin, dass zwei Objekte miteinander verglichen werden, diskutiert wird, inwiefern auch mehr Objekte verglichen werden können.

BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Zur Abgrenzung zum Ordnen wird diskutiert, inwiefern der Einbezug von mehr als zwei Objekten zum Ordnen führt. Ebenfalls wird angemerkt, dass ein Vergleich zum Ordnen führen kann, wenn mehrere Kriterien oder Objekte herangezogen werden. Es wird angemerkt, dass beim Vergleichen auch beobachtet werden muss und in Bezug auf die Vergleichsobjekte wird deutlich, dass auch innerhalb eines Versuchs/Experiments verglichen wird. Es wird angemerkt, dass beim Vergleichen die Objekte nicht variiert werden und der Vergleich möglichst kontrolliert ablaufen sollte (hier wird die Abgrenzung zum Experiment als schwierig angesehen).

Ordnen

ZIEL und BEGRIFFSWEITE: Ziel des Ordnen ist es, etwas durch Vergleichen in ein System einzusortieren. Dadurch können auch Erkenntnisse gewonnen werden. Von Gedanken über Messwerte bis hin zu Gegenständen/Lebewesen kann alles geordnet werden.

BEDINGUNGEN: Verschiedene Objekte werden nach Merkmalen (Ähnlichkeit oder Verschiedenheit) geordnet, wodurch diese speziellen Merkmale herausgestellt werden. Die Merkmale können qualitativ oder quantitativ sein. Die Kriterien für das Ordnungssystem können theoriegeleitet oder induktiv gewonnen werden. Es wird diskutiert, ob auch Prozesse geordnet werden können.

BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Notwendige Vorstufen zum Ordnen sind das Untersuchen und das Vergleichen.

Experimentieren

ZIEL und BEGRIFFSWEITE: Als Ziel des Experimentierens wird angeführt, dass es der Erkenntnisgewinnung und der Untersuchung der Wirkung einer unabhängigen Variablen auf eine oder mehrere abhängige Variable(n) und somit der Beschreibung von Kausalzusammenhängen dient. Es wird aber auch beschrieben, dass das Experiment die Gesamtheit verschiedener Schritte (Fragestellung, Hypothese etc.) ist und es in der Schule auch als „Erziehungsmittel“ dienen kann. In einer Gruppe wird angemerkt, dass es sich eher um Tätigkeiten von Fachwissenschaftler*innen handelt, die in der Schule nur in den seltensten Fällen möglich sind. In einer Gruppe wird das Experiment als Untersuchungsmethode von Denkweisen (wie z.B. das Formulieren von Fragestellungen) differenziert. Auch wird angemerkt, dass ein Experiment in der Technik zur Untersuchung von Zweck-Mittel-Relationen im Gegensatz zu Ursache-Wirkungs-Beziehungen herangezogen wird.

VORGEHEN: Beim Vorgehen wird die Variablenkontrollstrategie genannt und diskutiert, inwiefern alle aufgeführten Schritte (Denkweisen) benötigt werden und ob ungeplante Experimente oder Gedankenexperimente in solche Beschreibungen einbezogen werden können. Ausserdem wird diskutiert, ob ein Experiment immer zwingend eine Hypothese voraussetzt.

BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: In Bezug auf die Anwendung in der Schule wird angesprochen, dass in der Schule Experimente eher unmöglich seien und daher eher Versuche durchgeführt werden. Ferner wird in einer Gruppe das Experiment als Methode zur Untersuchung von Kausalitäten von der Beobachtung, die der Untersuchung von Korrelationen dient, abgegrenzt. In der Diskussion wird deutlich, dass auch beim Experimentieren beobachtet wird, und „Experimentieren“ auch häufig synonym mit praktischem Arbeiten verwendet wird.

Versuche durchführen

BEGRIFFSWEITE: Es wird angemerkt, dass „Versuche durchführen“ ein „unscharfer Begriff“ sei, was sich in der Begriffsbreite zeigt. Die Beschreibungen reichen von einer Tätigkeit, die der Gewinnung von Erkenntnissen oder Einsichten dient bis zur Auflistung von Schritten des wissenschaftlichen Arbeitens (hier fällt auf, dass im Gegensatz zum Experiment auch Phasen des Brainstormings sowie Auf- und Abbau des Versuchs und die Entsorgung aufgezählt werden). Einmal wird der koordinierte Versuch, der die Durchführung einer Anleitung darstellt, von einem unkoordinierten Versuch, der synonym zu „etwas ausprobieren“ verwendet wird, unterschieden.

ZIEL: Als Ziele des Versuchs werden das Entdecken von Phänomenen und die Veranschaulichung (im Gegensatz zum Experiment, das der Erkenntnisgewinnung dient) als didaktische Methode genannt.

BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Einerseits wird der Versuch mit dem Explorieren gleichgesetzt, aber hauptsächlich wird der Versuch vom Experiment abgegrenzt. Einerseits wird er als Teil des Experiments gesehen, andererseits wird er als Methode zur Identifizierung von Korrelationen im Gegensatz zum Experiment (Kausalitäten) oder als weniger aufwändig und kurzfristiger als das Experiment beschrieben.

Untersuchen

ZIEL UND BEGRIFFSWEITE: Bezüglich der Beschreibung, was Untersuchen ist, ergibt sich ein sehr heterogenes Bild (dies ist wohl vor allem der Tatsache geschuldet, dass in einigen Gruppen Unsicherheit herrscht, was denn überhaupt Untersuchen ist): von Arbeitsweise und Erkundungsform bis hin zu Überbegriff des Experimentierens oder für scientific inquiry.

VORGEHEN: Auch hier zeigt sich zwischen den Gruppen und zum Teil auch innerhalb der Gruppen ein sehr heterogenes Bild. Genannt werden beispielsweise: Eingriff in den Bau, nicht aber in die Funktion von Objekten, Phänomene entdecken, einen Gegenstand „befühlen“, einen Zusammenhang genauer betrachten und z.B. Unterschiede im Zeitverlauf bemerken, Durchführung von Experimenten und/oder Versuchen, um eine Beobachtung oder Hypothese zu bestätigen oder zu widerlegen (also der praktische Teil des Experiments/Versuchs), Eingriff des Untersuchenden in natürliche Prozesse, zum Teil unter Zuhilfenahme von Geräten, Parameteränderungen und Variablenkontrolle, „sezierende“ Betrachtung eines Objekts/Gegenstands (explizit kein Prozess), hypothesenkonforme, systematische Variablenmanipulation/-kontrolle.

BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Neben der bereits erwähnten Definition von Untersuchen als Überbegriff wird explizit genannt, dass das Beobachten und Experimentieren Teile von Untersuchen seien, auch wenn es große Ähnlichkeiten zwischen dem Experimentieren und dem Untersuchen gäbe.

Ausblick

Nachdem der Workshop und die Teilnehmenden den Eindruck bestätigen, dass zu den Begriffen zum praktischen naturwissenschaftlichen Arbeiten Forschungsbedarf besteht, werden Interviews mit kontrastierend ausgewählten Personen (Expert*innen für praktische naturwissenschaftliche Arbeitsweisen aus dem Bereich der Naturwissenschaftsdidaktiken versus „Nicht-Expert*innen“, also Personen, die sich nicht explizit mit diesen Themen auseinandersetzen) geführt. Diese Interviewdaten werden kodiert und unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Workshops mit dem Ziel der Konsensfindung und Identifizierung relevanter Unterkategorien diskutiert. Daraus werden Aussagen für Items für eine quantitative Erhebung zur Beantwortung folgender Fragen abgeleitet: Inwiefern lassen sich die unterschiedlichen Begriffsverständnisse durch die wissenschaftliche Referenzdisziplin oder das Herkunftsland erklären? Welche Kernaspekte lassen sich für die jeweilige Wissensmethode identifizieren?

Dank

Ein herzliches Dankeschön für die aktive Mitwirkung an die Teilnehmenden des Workshops im Rahmen der Tagung der GDGP und der FDdB am 11.09.2019 an in Wien:

Bohn, Marcus (PH Heidelberg); Boyer, Lina (Universität Duisburg-Essen); Emden, Markus (PH Zürich); Ermel, Dorothee (RWTH Aachen); Fühner, Larissa (WWU Münster); Furrer, Florian (PH Zürich); Hiniborch, Julia (Uni Hannover); Hoesli, Matthias (PH Luzern); Holz, Christoph (WWU Münster); Kaiser, Nanni (PH Heidelberg); Koenen, Jenna (TU München); Kramp, Bianca (WWU Münster); Krebs, Ann-Kathrin (PH Schwäbisch Gmünd); Kriegl, Elena (Universität Wien); Lholky, Johannes Frank (Uni Mainz); Möhrke, Philipp (Uni Konstanz); Murer, Livia (PH Zürich), Ortiz, Christian D. (PH Heidelberg); Pfläging, Marisa (Uni Potsdam); Schmid, Andrea (PH Luzern); Schwanke, Hagen (Uni Würzburg); Seiter, Marco (Ruhr-Universität Bochum); Skorselz, Nina (Uni Frankfurt); Voigt, Julia (FU Berlin); Vorholzer, Andreas (JLU Giessen); Wörner, Salome (IWM Tübingen).

Literatur

- Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen: Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe*. Berlin: Logos.
- Barzel, B., Reinthoffer, B. & Schrenk, M. (2012). Das Experimentieren im Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 103-128). Münster: Waxmann.
- Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Hrsg.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (S. 1-14). Dordrecht: Springer.
- Emden, M., Bewersdorff, A. & Baur, A. (2019). Kann Experimentieren in der Schule bilden? Ein Beitrag zur Legitimation eines selbstverständlichen Gegenstandes des Naturwissenschaftsunterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik*, 65 (5), 710-729.
- Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21, 127-139.
- KMK – Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss Biologie, Chemie, Physik*. Neuwied: Luchterhand.
- Kremer, K., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2012). Assessment of Standard-based Learning Outcomes in Science Education: Perspectives from the German Project ESNAS. In S. Bernholt, K. Neumann, & P. Nentwig (Hrsg.), *Making It Tangible - Learning Outcomes in Science Education* (S. 217-235). Münster: Waxmann.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177-186). Berlin: Springer.
- Rieß, W., Barzel, B. & Wirtz, M. (2012). Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht – Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 7-13). Münster: Waxmann.
- Wellnitz, N. (2012). *Kompetenzstruktur und -niveaus von Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung*. Berlin: Logos.
- Wellnitz, N., & Mayer, J. (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und -niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. In D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, T. Riemeier & K. Niebert (Hrsg.), *Erkenntnisweg 7*. Kassel: Universitätsdruckerei.
- Wilhelm, M., & Kunz, P. (2016). Praktisch-naturwissenschaftliches Arbeiten im Unterricht. In S. Metzger, C. Colberg & P. Kunz (Hrsg.), *Naturwissenschafts-didaktische Perspektiven. Naturwissenschaftliche Grundbildung und didaktische Umsetzung im Rahmen von SWiSE* (S. 126-140). Bern: Haupt.