

## Scientific Inquiry und Mathematik

### Evaluation einer interdisziplinären Lerneinheit zum Klimawandel

Louise Bindel

louise.bindel@biodidaktik.uni-halle.de

Didaktik der Biologie

Biologicum, Weinbergweg 10, 06120 Halle /S.

#### Zusammenfassung

*International anerkanntes Ziel naturwissenschaftlicher Bildung ist die Förderung einer Scientific Literacy aller Schüler/-innen (OECD 2000). Zur Erreichung dieses Ziels wird selbstständiges und schülerzentriertes Lernen mittels naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (Scientific Inquiry) empfohlen (HOLBROOK & RANNIKMAE 2007). Hierfür benötigen Schüler/-innen jedoch Fähigkeiten, die im naturwissenschaftlichen Unterricht bislang weniger berücksichtigt wurden. Dazu gehören u.a. das Nutzen mathematischer Prozesse und eine adäquate Vorstellung vom Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften. Die Studie untersucht, inwieweit sich Vorstellungen zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften verändern, wenn Mathematik im Kontext naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen expliziert wird. Hierfür wurde eine inquiry-based Lerneinheit für ein Science Camp zum Klimawandel entwickelt. In dieser wird Mathematik in gesellschaftlich relevante naturwissenschaftliche Themen integriert und expliziert. Dabei wurden nicht nur die naturwissenschaftlichen Fächer miteinander verbunden, sondern gleichsam tieferliegende mathematische Konzepte aufgezeigt. Beispielhaft wurde das mathematische Konzept „Funktion“ betrachtet. Zur Evaluation der Lerneinheit wurden pre-post Interviews mit 22 Teilnehmer/-innen in der Tradition der qualitativen Inhaltsanalyse nach dem Verfahren von REINHOFFER (2008) analysiert. In den Interviews finden sich drei in der Literatur beschriebene distinkte Level zur Vorstellung zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften wieder. Die Analyse zeigt, dass nach der Lerneinheit mehr Schüler/-innen als davor die Vorstellung haben, dass Mathematik und Naturwissenschaften miteinander verzahnt sind.*

#### Abstract

*Scientific Literacy is an internationally recognized aim of science education (OECD 2000), which can be developed through Scientific Inquiry (HOLBROOK ET AL. 2007). This student centered learning method demands abilities of students that are new for learning science. The use of mathematics is among them as well as the perception about the relationship of mathematics and science. This study integrates mathematics in societal relevant*

*scientific issues and makes it explicit. An inquiry-based learning unit about Climate Change was designed for the implementation in a Science Camp. As an interdisciplinary unit there is no distinction among the scientific subjects as chemistry or physics. Even more, not-so-obvious mathematical concepts, as mathematical functions, are learned and treated. It is examined, how far this has an impact on the perception about the relationship between mathematics and science. Therefore 22 participants were interviewed before and after the Science Camp and the material was analyzed with qualitative content analysis (Reinhoffer 2008). Three qualitatively different levels of the perception about the relationship of mathematics and science were found. Results show that more students hold a perception of a close relation of mathematics and science after engagement in the Science Camp.*

## 1 Einleitung

International anerkanntes Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts ist Schüler/-innen zu einer aktiven Teilhabe an der modernen Gesellschaft zu befähigen (OECD 2012). Die „*Grand Challenges*“, wie *Food Safety* und *Climate Change*, sind dabei gesellschaftliche Herausforderungen, über deren Existenz ebenso aufgeklärt werden muss (EXPERT GROUP ON THE STATE OF ART IN EUROPE ON RESPONSIBLE RESEARCH AND INNOVATION 2013) wie über mögliche (natur-) wissenschaftliche Lösungsansätze. Schüler/-innen als zukünftige Entscheidungsträger unserer Gesellschaft brauchen im Umgang mit diesen Zukunftsaspekten eine *Literacy* („Grundbildung“). Diese umfasst ein Bündel von Fähigkeiten, die zum Lernen, Arbeiten und zur sozialen Interaktion ebenso wie zum aktiven Einbringen in die Gesellschaft und zur begründeten Entscheidungsfindung notwendig sind (verändert nach MORRISON & MCDUFFIE 2009). Entscheidend ist darum, dass Schüler/-innen eine aktive und kritische Haltung einnehmen und eigene Entscheidungen auf Grundlage einer naturwissenschaftlichen Bildung fällen können.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage „*What is important for citizens to value about science [...]?*“ (OECD 2012, 99) Laut RYDER (2001) ist es vor allem das Wissen über die Naturwissenschaften (*Nature of Science*), welches von Bürgerinnen und Bürgern benötigt wird. Das Verständnis der *Nature of Science* kann insbesondere durch Lernen mittels naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen gefördert werden (FLICK & LEDERMAN 2006). BYBEE (2006) betont, dass Mathematik in allen Aspekten der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweise von Bedeutung ist. Eine empirische Untersuchung, inwiefern sich Schüler/-innen dieses Zusammenhangs bewusst sind, liegt bisher nicht vor. Dieses Dissertationsprojekt untersucht darum Schülervorstellungen zum Zusammenhang von Mathematik und den Naturwissenschaften und inwiefern diese durch Lernen mittels naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsmethoden beeinflusst werden.

## 2 Theorie

### 2.1 Bildung durch Naturwissenschaften

Naturwissenschaftlicher Unterricht soll zur Entwicklung einer *Scientific Literacy* aller Schüler/-innen beitragen (OECD 2000). Dies spiegelt sich auch in den deutschen Bildungsstandards wieder (FEIERABEND & EILKS 2010). Im Vordergrund steht dabei nicht mehr die Vermittlung naturwissenschaftlicher Fakten oder die Vorbereitung auf ein naturwissenschaftliches Studium, sondern Schüler/-innen auf ihre Rolle als Entscheidungsträger/-innen der Zukunft vorzubereiten. HOLBROOK & RANNIKMAE (2007) fordern darum Bildung durch Naturwissenschaften anstelle von Naturwissenschaften durch Bildung. Sie verstehen darunter, sich von inhaltsgeleitetem Lernen weg und hinzu einem Lernen zu fokussieren „*that focuses on the needs and motives of students for learning through science subjects*“ (HOLBROOK ET AL. 2007, 1359–1360). In Anlehnung an ZEIDLER & KEEFER (2003) fordern sie weiter „*a society-focused, socio-scientific issues-led education through science*“ (HOLBROOK ET AL. 2007, S. 1360). Themengeleitetes Lernen wiederum ist interdisziplinär, denn Themen, Problemfelder und deren Lösungen sind nicht in Fächer separiert (LABUDDE 2008).

### 2.2 *Scientific Inquiry* – Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen

Nach FECHNER (2009) kann die konstruktivistische Lerntheorie weitgehend als Konsens betrachtet werden. Hierbei wird davon ausgegangen, dass beim Lernen neues Wissen in bestehendes Wissen integriert wird. Diese aktive Konstruktionsleistung gelingt insbesondere beim selbstständigen Lernen. *Scientific Inquiry*, in Deutschland als wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen oder Erkenntnisgewinnung bezeichnet (MAYER 2007), fordert diese Konstruktion von Wissen indem Schüler/-innen selbst Fragen zu Problemen stellen, diese untersuchen und eigene Lösungswege entwickeln (NRC 1996).

Durch *Scientific Inquiry* wird die Arbeitsweise von Naturwissenschaftler/-innen (YAGER & AKCAY 2010) und der Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung nachvollzogen.

Zusammenfassend sollen Schüler/-innen Naturwissenschaften und naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen möglichst authentisch erleben und lernen. Dies ist eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung eines elaborierten *View about Nature of Science* (LEDERMAN 2006), der wiederum zur Bildung der *Scientific Literacy* beiträgt. Gleichzeitig wird das Lernen von Naturwissenschaften mittels *Scientific Inquiry* zu einem komplexen Problemlöseprozess (MAYER 2007). Dessen Bewältigung kann durch vier Prozeduren beschrieben

werden: naturwissenschaftliche Fragen formulieren, Hypothesen generieren, Untersuchungen planen sowie Daten interpretieren.

Allerdings fordern diese Prozesse Fähigkeiten, die über klassischen naturwissenschaftlichen Kompetenzen hinausgehen. Im Rahmenkonzept zu wissenschaftlichen Untersuchungen erwähnt MAYER (2007) u.a. Daten auswerten und hierbei auch explizit Mathematisierung. Die US-amerikanischen *Science Standards* hingegen Mathematik als bedeutsam in allen Aspekten der *Scientific Inquiry* (NRC 1996). Auch in den aktuellen US-amerikanischen *Science Standards* wird explizit mit „*Using Mathematics and Computational Thinking*“ als eine *Scientific and Engineering Practice* auf die Bedeutung der Mathematik für naturwissenschaftliche Bildung eingegangen (NRC 2012).

Damit spielt für naturwissenschaftliche Bildung, mit dem Ziel der Entwicklung von *Scientific Literacy*, Mathematik eine wichtige Rolle. Ein weiterer Aspekt, der bei der Forderung nach authentischem Lernen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen berücksichtigt werden sollte, ist dass sich Naturwissenschaften, die bisher keinen strengen mathematischen Fokus hatten (z.B. Biologie, Medizin), von Beschreibungen und Taxonomien hin zu komplexeren Analysen und Erklärungen entwickeln (TATE & MALANCHARUVIL-BERKES 2006).

### 2.3 Integration von Mathematik und Naturwissenschaften

Mathematik ist die Wissenschaft der Muster (OLIVERI 1997). Damit ist sie den Naturwissenschaften immanent, deren Ziel das Erforschen der Muster der Natur ist. PANG & GOOD nennen fünf Gemeinsamkeiten von Naturwissenschaften und Mathematik (2000, 75):

1. *“Mathematics and science are similar attempts to discover patterns and relationships;*
2. *Mathematics and science are based on interdependent ways of knowing;*
3. *Mathematics and science share similar processes such as inquiry and problem solving;*
4. *Mathematics and science should be connected to real-life situations so that students learn and appreciate how different subjects are used together to solve an authentic problem;*
5. *Mathematics and science fundamentally require quantitative reasoning.”*

Aufgrund der Nähe dieser beiden Wissenschaften gibt es eine jahrzehntelange Tradition des integrierten Lernens von Mathematik und Naturwissenschaften (BLOMHOJ & ARTIGUE 2013). Als positive Effekte, die integriertes Lernen von Mathematik und Naturwissenschaften mit sich bringt, werden insbesondere relevantes, bedeutungsvolles und realitätsnahes Lernen in beiden Fächern ge-

nannt (LONNING & DEFRANCO 1994, 1997; DAVISON, MILLER & METHENY 1995). BOSSÉ ET AL. berufen sich sogar auf „endless opportunities“ integrierten Lernens (2010, 262). Empirische Belege dieser Potentiale gibt es bisher jedoch nicht. Offensichtlich sind Mathematik und Naturwissenschaften aber eng miteinander verwandt und werden auf ähnliche Weise gelernt (BOSSÉ ET AL. 2010). Zur Integration von Mathematik und Naturwissenschaften empfehlen DAVISON ET AL. (1995), Mathematik in naturwissenschaftliche Prozesse zu integrieren.

Insbesondere, da Mathematik in allen Aspekten naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen vorkommt, bietet es sich an, Mathematik auch explizit in diesem naturwissenschaftlichen Kontext zu lernen.

## 2.4 Mathematik in Scientific Inquiry

Obwohl empirischen Studien über den Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften bisher fehlen, gibt es Studien zur Bedeutung von Mathematik beim Lernen von Naturwissenschaften.

CHALUFOUR ET AL. (2004) entwickelten eine interdisziplinäre Lerneinheit, in der fünf bis acht jährige Kinder mittels *Scientific Inquiry* erforschen, wie sie mit Bauklötzen einen möglichst hohen Turm bauen können. Aufbauend auf der Studie von CHALUFOUR ET AL. untersucht SO (2013) Schülerreports zu *Scientific Inquiry* Projekten auf das Vorkommenden mathematischer Prozesse. Die Grundlage der Analyse bilden 26 in Teamarbeit entstandene Schülerberichte, die im Rahmen der *Primary Science Project Exhibition* geschrieben wurden. Im Ergebnis ordnet sie den Gebrauch *mathematischer Prozesse* folgenden naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (*scientific inquiry*) zu (So 2013, 389–390):

- I. **Messungen** zur *Planung und Ausführung von Untersuchungen*
- II. **mathematische Fähigkeiten** zum *Sammeln, Analysieren und Interpretieren von Daten*
- III. **Graphen und Tabellen** zur *Organisation und Interpretation quantitativer Informationen, als auch zur Visualisierung von Daten zur Präsentation von Mustern und Trends*

Der Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften ist somit durch das Vorkommen von Mathematik in den Naturwissenschaften belegt. Allerdings entspricht dieser eher der Verwendung von Mathematik in den Naturwissenschaften im Sinne eines Werkzeuges. In der Literatur wird jedoch ein engerer Zusammenhang postuliert, der über praktische Prozesse wie Messvorgänge und Dateninterpretation hinausgeht (PANG ET AL. 2000). Einen empirischen Hinweis auf einen tiefergehenden Zusammenhang der beiden Wissenschaften gibt POPOVIC (2011). Sie fragte Mathematiklehrer/-innen nach den Verbindun-

gen von Naturwissenschaften und Mathematik, die sie im *Science Museum* in Chicago erkannten. Zu Beginn der Befragung nannten die Lehrer/-innen nur die Existenz offensichtlicher mathematischer Symbole, wie Zahlen. Erst nach Konsultationen mit der Wissenschaftlerin nannten sie auch mathematische Konzepte (POPOVIC 2011). Summa summarum ergeben sich drei qualitativ verschiedene Level des Zusammenhangs von Mathematik und Naturwissenschaften. Zunächst der von POPOVIC (2011) geschilderte offensichtliche Level der *Existenz* der Mathematik in den Naturwissenschaften. Auf ihn folgt der Level auf welchem der *Nutzen konkreter mathematischer Prozesse* für die Naturwissenschaften im Vordergrund steht, wie bei SO (2013) dargestellt. Der letzte Level entspricht einer stark *verzahnten, untrennbaren* Verbindung von Mathematik und Naturwissenschaften, wie es von vielen Autoren (BSPW. PANG ET AL. 2000; BERLIN & WHITE 2012) geschildert wird.

Ist der Level „verzahnt, untrennbar“ erreicht, kann laut POPOVIC (2011) davon ausgegangen werden, dass Schüler/-innen eine konkrete Vorstellung vom Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften haben.

Inwiefern Schüler/-innen ebenfalls eine Vorstellung von einem tieferliegenden Zusammenhang entwickeln können, ist bislang nicht untersucht. Die Mathematikdidaktik bietet aber Möglichkeiten, auch tieferliegende mathematische Konzepte im naturwissenschaftlichen Kontext zu lernen.

### 3 Fragestellungen & Hypothesen

Inwiefern Schüler/-innen Vorstellungen haben oder entwickeln, die einer engen Verzahnung der beiden Wissenschaften entsprechen, wurde bislang nicht untersucht. Darum lautet die erste Forschungsfrage:

Inwiefern finden sich die drei Level (Existenz, Nutzen konkreter mathematischer Prozesse und untrennbar, verzahnt) zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften in den Vorstellungen der Schüler/-innen wieder?

Die zugehörige Hypothese ist:

- Die drei theoretischen Level finden sich in den Vorstellungen der Schüler/-innen wieder.

Darüber hinaus stellt sich die Frage, inwiefern sich die Vorstellungen zum Zusammenhang beider Wissenschaften von Schüler/-innen ändern, wenn beim Lernen durch naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (*Scientific Inquiry*) ein mathematisches Konzept, beispielhaft das der Funktion, aufgezeigt wird. Die zweite Forschungsfrage lautet:

Inwiefern ändern sich die Vorstellungen, die Schüler/-innen zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften haben durch eine Intervention, in welcher das mathematische Konzept „Funktion“ im Kontext von naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen explizit betrachtet wird?

Die zugehörige Hypothese lautet:

- Die Vorstellungen der Schüler/-innen zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften ändern sich durch die Intervention nicht.

## 4 Methodik

### 4.1 Design der interdisziplinären Lerneinheit

Zur Untersuchung der zweiten Forschungsfrage wurde eine Lerneinheit zum Thema Klimawandel für ein fünftägiges Science Camp entwickelt. Am fünftägigen Science Camp nehmen Jugendliche von 12 bis 16 Jahren teil. Die Lerneinheit ist kontextbasiert, interdisziplinär und themengeleitet, das heißt, es wird nicht zwischen den naturwissenschaftlichen Disziplinen (wie Biologie oder Physik) differenziert. Basierend auf naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, durchlaufen Schüler/-innen den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess. Sie führen Experimente durch, stellen Hypothesen auf, protokollieren ihre Daten, werten diese aus und erklären die untersuchten Phänomene. Letztlich leiten sie komplexe Phänomene wie bspw. den Treibhauseffekt selbstständig her. Die Schüler/-innen erhalten Handouts, die gestufte Hinweise zu vorgeschlagenen Experimenten geben. Die Lerneinheit inkorporiert Konzepte und Ideen bereits existierender Lernmaterialien zum Klimawandel (EILKS ET AL. 2011; STRELLER & BOLTE 2008).

Eine Besonderheit der Lerneinheit ist, dass das mathematische Konzept Funktion aus eigenen Experimentierdaten heraus betrachtet und gelernt wird. Hierzu werden selbstgewonnene experimentelle Messdaten aus einem mathematischen Blickwinkel als Funktion betrachtet. Dies geschieht in der Tradition der *Realistic Mathematics Education* aus dem (naturwissenschaftlichen) Kontext heraus (FREUDENTHAL 1991; GRAVEMEIJER & DOORMAN 1999) zunächst stellen einfache Aufgaben sicher, dass der Kontext richtig erfasst wurde. Schließlich wird eine Funktionsgleichung gefunden, mit der, im Sinne eines Modells für die Beziehung der betrachteten naturwissenschaftlichen Größen, Aussagen über deren weiteres Verhalten getroffen werden kann.

An dem Beispiel des Klimawandels wird die Verzahnung von Mathematik und Naturwissenschaften verdeutlicht. Mithilfe mathematischer Funktionen können Daten angenähert werden, deren experimentelle Erfassung aus zeitlichen oder

anderen Umständen nicht möglich ist. Aus diesem Grund spielt Mathematik für die Modellierung des Klimawandels eine ebenso entscheidende Rolle wie in der Debatte zur Sicherheit von Prognosen.

## 4.2 Erhebung

In explorativen Leitfragen-Interviews wurden die Teilnehmer/-innen des Klimawandel Workshops vor (pre) und nach (post) dem Science Camp interviewt. Die Interventionen erfolgten 2013 in zwei Science Camps mit insgesamt 29 Teilnehmern/-innen, von denen allerdings nur 22 aktiv an der Lerneinheit teilnahmen. Nur diese pre und post Interviews werden für die Analyse herangezogen.

Außerdem füllten die Schüler/-innen Fragebögen aus zu dem naturwissenschaftlichen (PAWEK 2009), schulischen (ROST ET AL. 2007) und mathematischen (ROST ET AL. 2007) Selbstkonzept, dem naturwissenschaftlichen (PAWEK 2009) und mathematischen (RAKOCZY ET AL. 2005) Interesse sowie zu ihrer Sicht auf die *Nature of Science* (URHAHNE ET AL. 2008) und das Bild der Mathematik (GREB ET AL. 2011) aus. Mittels *Concept Maps* wird die Entwicklung des Verständnisses des mathematischen Konzeptes „Funktion“ erfasst. Im Rahmen dieses Artikels sollen jedoch die Vorstellungen der Schüler/-innen zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften im Vordergrund stehen.

## 4.3 Analyse der Interviews

Die Transkription der Interviews erfolgte nach dem Standardtranskriptionsverfahren. Ausgewertet wurde das redigierte Material mittels des von REINHOFFER (2008) beschriebenen Verfahrens, welches auf der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING (2010) basiert. Bei diesem Verfahren werden deduktive und induktive Kategorienbildung kombiniert. Deduktive Kategorien werden aus didaktischen Theorien oder dem theoretischen Forschungsrahmen abgeleitet. Dies ist insofern sinnvoll, als dass bei Leitfrageninterviews der theoretische Hintergrund bereits durch die Planung und Auswahl der Fragen zum Tragen kommt (REINHOFFER 2008). Diese Kategorien werden dann mit induktiven, materialen Kategorien „gefüllt“, indem ihre Dimensionierung anhand des Materials erfasst wird. Hierdurch ist das Verfahren trotzdem „offen“ für neue Aspekte, die in der Theorie noch nicht enthalten sind.



## 5 Ergebnisse

### 5.1 Level des Zusammenhangs von Mathematik und Naturwissenschaften

Aus der theoretischen Vorbetrachtung folgen drei qualitativ unterschiedliche Vorstellungen (Existenz, Nutzen konkreter mathematischer Prozesse und untrennbar, verzahnt) zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften. Diese drei Level werden gemäß REINHOFFER (2008) als theoretische Ausprägung angenommen und ihre Dimensionierung anhand des Materials, der Interviews, vorgenommen.

Der Level *Existenz*, welcher sich aus der Arbeit von Popovic (2011) ableitet, steht für die Vorstellung, dass Mathematik in den Naturwissenschaften existiert. Dies wird an offensichtlichen mathematischen Konstrukten festgemacht wie Zahlen oder Formeln. Gleichzeitig enthält dieser Level sehr allgemeine, abstrakte und unkonkrete Vorstellungen vom Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften. Haben Teilnehmer/-innen hingegen eine Vorstellung, die dem zweiten Level entspricht, nennen sie *konkrete mathematische Prozesse* die den *Nutzen* der Mathematik für die Naturwissenschaften herausstellen. Charakteristisch ist, dass Mathematik hier als „Werkzeug“ verstanden wird, welches den Naturwissenschaften dient und zu deren Zwecken gebraucht und verwendet wird. Es wird hingegen nicht klar, zu welchem naturwissenschaftlichen Zweck das geschieht. Auf dem höchsten Level dieser Ordinalskala werden Mathematik und Naturwissenschaften als *verzahnt und untrennbar* betrachtet. Folglich ist der Zweck, zu welchem die Mathematik verwendet wird, ein naturwissenschaftlicher. Es werden tieferliegende mathematische Konzepte im naturwissenschaftlichen Kontext erkannt und Mathematik und Naturwissenschaften werden als untrennbar voneinander, miteinander, füreinander angesehen.

Als Ergebnis der Analyse ergibt sich, dass sich alle drei Level in den Interviews wiederfinden (Tabelle 1). Ergänzt die theoretischen Level um einen Level, auf dem keine Vorstellung zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften vorhanden ist. Die Spalte „Kategorien aus dem Material“ enthält die Dimensionierung der Level und die Spalte „Ankerbeispiele“ gibt typische Interviewzitate hierzu wieder. Es zeigt sich, dass die aus der Theorie abgeleiteten Level sich in den Interviews zu Vorstellungen zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften wieder finden. Folglich konnte die erste Hypothese bestätigt werden.

**Tabelle 2:** Kategorien unterschiedlicher Level von Schülervorstellungen zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften

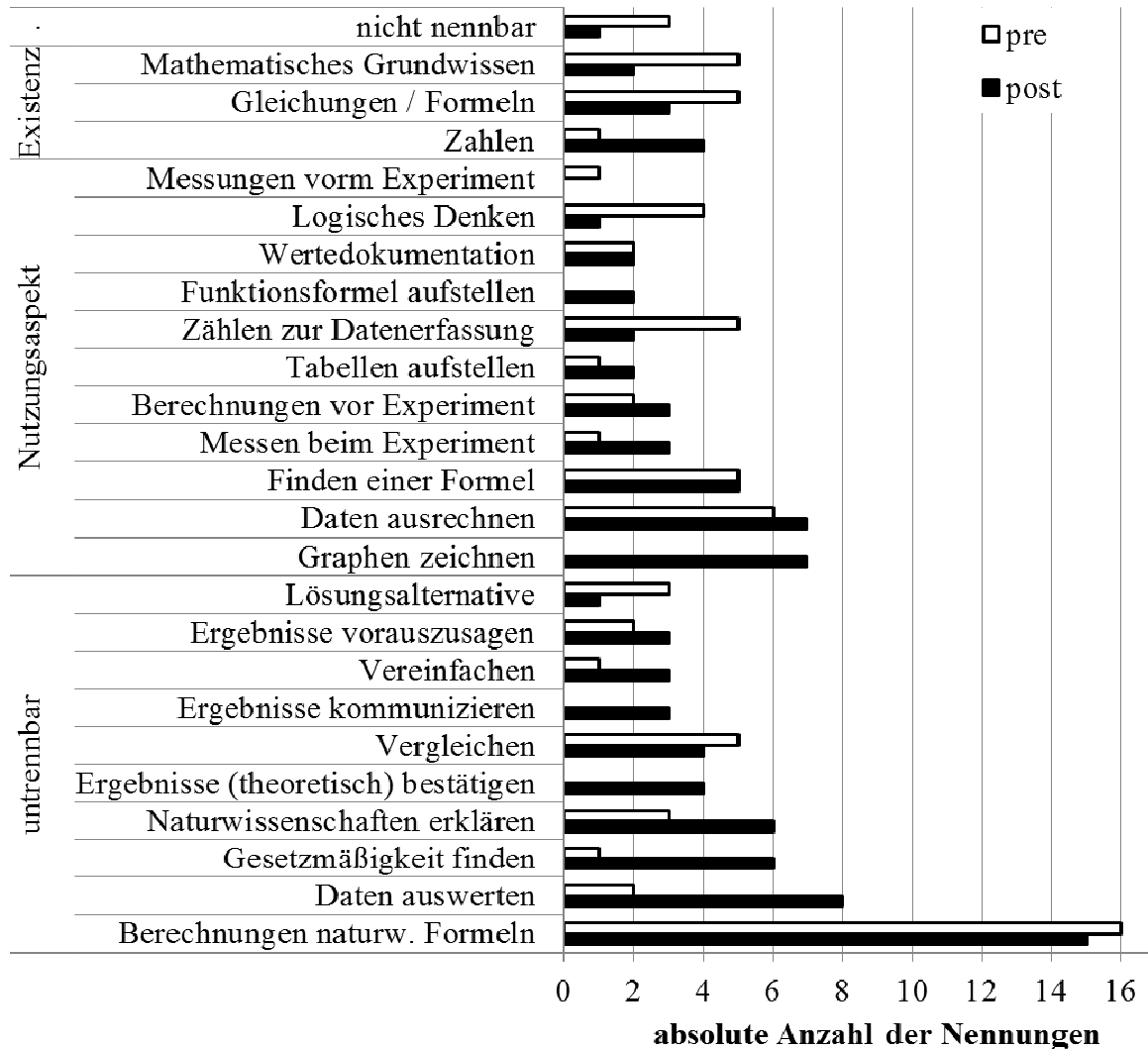
Theoretische Level	Kategorien aus dem Material	Ankerbeispiele
	Nicht nennbar	„Weiß ich nicht. Da fällt mir keine Rolle dazu ein.“ (KEI1102pre, 22)
<b>1 - Existenz</b> „Mathe kommt in Naturwissenschaften vor und das sieht man an“	... Zahlen	„Ich finde, das Zahlen auch zur Mathematik dazugehören und in der Naturwissenschaft geht es ja teilweise um Zahlen und somit ist sie auch mit der Mathematik verbunden.“ (BAG0506pre, 14)
	... Gleichungen / Formeln	„... mit Formeln und so, dass hat durchaus was mit Mathematik zu tun, aber sonst nicht unbedingt.“ (IAS2909pre, 15)
	... dem Gebrauch mathematischen Grundwissens	„... da ist so ein bisschen mathematisches Grundwissen mit Formeln lösen auf jeden Fall wichtig.“ (KAS2411pre, 19)

Theoretische Level	Kategorien aus dem Material	Ankerbeispiele
<b>2 - Nutzungsaspekt / Konkrete Prozesse</b> „Mathe wird in Naturwissenschaften benutzt (gebraucht) für ...“	... logisches Denken	„Und da werden vor allem auch logische Verbindungen genutzt...“ (HAA0710pre, 11)
	... das Ausrechnen von Daten	„... wenn man eine Sache erhitzt und dann abkühlen lässt, verschiedene Werte misst und dann den Unterschied ausrechnet.“ (HIS1306post, 18)
	... Berechnungen vorm Experiment	„Um Experimente durchzuführen, müsste man erst einmal ausrechnen, welche Mengen man braucht und dafür braucht man Mathematik.“ (IAS2909post, 24)
	... das Messen beim Experiment	„Zum Beispiel müsste man ja auf dem Thermometer, ablesen können, wie kalt es ist um es dokumentieren zu können und ohne die Mathematik ginge das nicht, weil es weder die Skala noch die Zahlen zum Ablesen gäbe.“ (LRM2902post, 42)
	... das Zählen zur Datenerfassung	„Zum Beispiel braucht man Mathematik in den Naturwissenschaften um Zählungen von irgendwelchen Tieren zu machen.“ (HIU1208pre, 30)
	... Berechnungen naturw. Formeln	„Ja. Also in Chemie und Physik rechnet man auch Sachen aus, zum Beispiel die atomare Masse oder so.“ (BOA2002pre, 18)
	... das Aufstellen einer Funktionsformel	„...daraus haben wir dann eine Kurve errechnet, also eine richtige Kurve ohne Beulen und Zacken und dann haben wir eine Funktionsgleichung aufgestellt.“ (KAS0106post, 46)
	... das Finden einer Formel	„... zum Aufstellen von oder zum Verdeutlichen von Sachen. Man muss nicht alles in einem ellenlangen Text schreiben, sondern kann das einfach

		sagen, eine unbekannte Größe wird dann multipliziert mit zwei also $x$ mal zwei.“ (HJR1106post, 38)
	... die Wertedokumentation	„Aber am wichtigsten sind Tabellen und Diagramme, dass man bei einem Experiment, den Verlauf aufschreiben kann...“ (HEK1912pre, 36)
	... das Zeichnen von Graphen	„Ja. Man muss ja auch Diagramme auswerten und zeichnen, wenn man zum Beispiel Temperaturen gemessen hat.“ (BOA2002post, 18)
	... das Aufstellen von Tabellen	„Oder wenn man Tabellen aufschreibt, dann ist Mathematik ganz hilfreich.“ (HRI0404post, 18)

Theoretische Level	Kategorien aus dem Material	Ankerbeispiele
<b>3 - Untrennbar, verzahnt</b> „Mathe wird in Naturwissenschaften gebraucht um / als ...“	... Daten auszuwerten	„Man braucht Mathematik in den Naturwissenschaften um Koordinatensysteme auszuwerten.“ (HEK1912post, 40)
	... zu Vereinfachen	„und zum Verstehen braucht man es auch. Ich finde, ohne Mathematik könnte man nicht so gut verstehen, was vor sich geht. Man kann es exakter verstehen.“ (HON2010post, 31)
	... zu Vergleichen	„... man will etwas erforschen und dafür braucht man, wenn man was erforscht hat, Vergleiche und die liefert die Mathematik.“ (KOG3110post, 44)
	... Ergebnisse zu kommunizieren	„... Ergebnisse auszuwerten und in Graphen einzutragen um es zu veranschaulichen.“ (KAI1903post, 38)
	... Naturwissenschaften zu erklären	„Um das zu erklären und zu beweisen muss man alles nachrechnen, [...] damit das auch verständlich ist.“ (KAS0106post, 22)
	... eine Gesetzmäßigkeit zu finden	„zum Beschreiben mancher Dinge und zum späteren Verwenden dieser Kenntnisse. Hat man zum Beispiel eine Formel herausgefunden, kann man die auch für an spätere Probleme anwenden.“ (HAC1908post, 38)
	... Lösungsalternative	„... wenn man über den mathematischen Weg keine Lösung findet, vielleicht findet man über den naturwissenschaftlichen Weg die Lösung.“ (HAA0710pre, 16)
	... Ergebnisse vorauszusagen	„... da man im Vorhinein schon annähernde Möglichkeiten was später herauskommt ausrechnen könnte ...“ (KHS308post, 40)
	... naturwiss. Ergebnisse zu bestätigen	„Wenn ein Naturgesetz bekannt ist, kann man damit zum Beispiel den Ausgang eines Experimentes berechnen und so gucken, ob dieses Naturgesetz stimmt...“ (LWI0908post, 20)

## 5.2 Entwicklung der Vorstellungen zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften



**Abbildung 1:** Ergebnisse der Inhaltsanalyse von 22 Teilnehmer/-innen vor (pre) und nach (post) dem Science Camp. Angegebene Zahlen entsprechen der absoluten Nennungshäufigkeit. Dabei wird maximal eine Nennung pro Interview und Kategorie gezählt.

Die Ergebnisse der Interviewanalyse bezüglich der Verteilung der Level vor (pre) und nach (post) der Teilnahme am Science Camp zum Klimawandel (N=22) zeigt Abbildung 1. Die sich darstellende Entwicklung ist harmonisiert mit den Ergebnissen von POPOVIC (2011): die Existenz der Mathematik und deren Nutzungsaspekt werden eher erkannt als die Verzahnung der beiden Wissenschaften. Nach dem Science Camp werden also häufiger Aussagen auf dem Level „untrennbar“ getroffen. Ebenfalls werden deutlich mehr Aussagen zu „Graphen zeichnen“ oder „Funktionsformel aufstellen“ (Level „Nutzungsaspekt“) getroffen. Dies begründet sich mit dem konkreten Erleben dieser Pro-

zesse in der Lerneinheit. Die entwickelte Einheit des Science Camps zum Klimawandel führt zur Vorstellung, dass Naturwissenschaften und Mathematik zusammenhängen. Damit ist die zweite Hypothese widerlegt.

Dies zeigt sich auch in der Tabelle 2 in der die Vorstellungen Existenz und Nutzungsaspekt zu „nicht Level 3“ zusammengefasst wurden und Level 3 der Verzahnung der beiden Wissenschaften entspricht. Von den 9 Interviewten, die vor dem Science Camp nicht bereits auf Level 3 waren, sind nach

dem Camp 7 auf Level 3 eingeordnet worden. Diese Ergebnisse werden von dem Deckeneffekt beeinflusst, dass bereits vor dem Camp 12 Teilnehmer/-innen eine Vorstellung gemäß Level 3 haben.

		post	
		nicht Level 3	Level 3
pre	nicht Level 3	2	7
	Level 3	1	12

**Tabelle 3:** Kreuztabelle zum Level der Vorstellung zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften vor (pre) und nach (post) dem Science Camp.

Es darf angenommen werden, dass die entwickelte Lerneinheit Schüler/-innen tiefere Einblicke in den Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften ermöglicht.

## 6 Fazit

Mathematik und Naturwissenschaften sind mit einander verzahnt und im naturwissenschaftlichen Unterricht besonders in naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (*Scientific Inquiry*) verbunden (SO 2013). Zur Erforschung der Vorstellungen von Schüler/-innen zum Zusammenhang der beiden Wissenschaften wurden Teilnehmer/-innen eines Science Camps interviewt. Für die Interviewauswertung nach REINHOFFER (2008) wurden zunächst aus der Literatur drei qualitativ verschiedene Level erarbeitet: Existenz (Level 1) und Nutzungsaspekt (Level 2) der Mathematik in den Naturwissenschaften und die Verzahnung (Level 3) der beiden Wissenschaften. Diese Level finden sich in den geäußerten Vorstellungen der Schüler/-innen wieder, womit die erste Hypothese bestätigt wird.

Die Entwicklung der Vorstellung zum Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaft wird durch den Vergleich der pre-post Interviews beleuchtet. Die aktive Teilnahme der Schüler/-innen an einem Science Camp, in dem der Klimawandel interdisziplinär mittels naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen erforscht wird und mathematische Funktionen expliziert werden, führt zu der Vorstellung, dass Mathematik und Naturwissenschaften – über die

Verwendung von mathematischer Prozesse hinaus – verzahnt sind. Diese Vorstellung zur Bedeutung der Mathematik in den Naturwissenschaften trägt zu einem aktuellen Bild über die Naturwissenschaften und damit zur Entwicklung einer *Scientific Literacy* bei. Inwiefern dies eine Wirkung auf das Interesse und Selbstkonzept in den Naturwissenschaften oder der Mathematik hat, ist eine weitere interessante Forschungsfrage.

## Zitierte Literatur

- BERLIN, D.F. & WHITE, A.L. (2012). A Longitudinal Look at Attitudes and Perceptions Related to the Integration of Mathematics, Science, and Technology Education. *School Science and Mathematics*, 112(1), 20–30.
- BLOMHOJ, M. & ARTIGUE, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics.
- BOSSÉ, M.J., LEE, T.D., SWINSON, M. & FAULCONER, J. (2010). The NCTM Process Standards and the Five Es of Science: Connecting Math and Science. *School Science and Mathematics*, 110(5), 262–276.
- CHALUFOUR, I., HOISINGTON, C., MORIARTY, R., WINOKUR, J. & WORTH, K. (2004). The science and mathematics of building structures. In Goldston, J. (Hrsg.), *Stepping Up To Science and Math: Exploring the Natural Connections* (S. 119–124): NSTA Press.
- DAVISON, D.M., MILLER, K.W. & METHENY, D.L. (1995). What Does Integration of Science and Mathematics Really Mean? *School Science and Mathematics*, 95(5), 226–230.
- EILKS, I., FEIERABEND, T., HÖBLE, C., HÖTTECKE, D., MENTHE, J., MROCHEN, M. & OELGEKLAUS, H. (2011). *Der Klimawandel vor Gericht: Materialien für den Fach- und Projektunterricht*: Aulis.
- Expert Group on the State of Art in Europe on Responsible Research and Innovation (2013). *Options for strengthening responsible research and innovation*, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- FECHNER, S. (2009). *Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education - Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 95*: Logos.
- FEIERABEND, T. & EILKS, I. (2010). Bewerten Lernen als Kern allgemeiner Bildung und essentielle Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe-Einblicke in das Projekt „Der Klimawandel vor Gericht“. *Plus Lucis*(1-2/2011), 2–10.
- FLICK, L.B. & LEDERMAN, N.G. (Hrsg.) (2006). *Scientific Inquiry and Nature of Science*: Springer Netherlands.
- FREUDENTHAL, H. (1991). Revisiting Mathematics Education: China Lectures.
- GRAVEMEIJER, K. & DOORMAN, M. (1999). Context Problems in Realistic Mathematics Education: A Calculus Course as an Example. *Educational Studies in Mathematics*, 39(1), 111–129.
- GREB, K., POLOCZEK, S., LIPOWSKY, F. & FAUST, G. (2011). *Dokumentation der Erhebungsinstrumente des Projekts "Persönlichkeits- und Lernentwicklung von Grundschulern"(PERLE). 1. PERLE-Instrumente: Schüler, Lehrer & Eltern (Messzeitpunkt 1)*: Frankfurt, Main: GPF.
- HOLBROOK, J. & RANNIKMAE, M. (2007). The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347–1362.
- LABUDDE, P. (2008). *Naturwissenschaften vernetzen, Horizonte erweitern - Fächerübergreifender Unterricht konkret*: Kallmeyer in Verbindung mit Klett.
- LEDERMAN, N. (2006). Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In FLICK, L.B. & LEDERMAN, N.G. (Hrsg.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (S. 301–317): Springer Netherlands.

- LONNING, R.A. & DEFRANCO, T.C. (1994). Development and Implementation of an Integrated Mathematics/Science Preservice Elementary Methods Course. *School Science and Mathematics*, 94(1), 18–25.
- LONNING, R.A. & DEFRANCO, T.C. (1997). Integration of Science and Mathematics: A Theoretical Model. *School Science and Mathematics*, 97(4), 212–215.
- MAYER, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In KRÜGER, D. & VOGT, H. (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177-186): Springer Berlin Heidelberg.
- MAYRING, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken*: Beltz Verlag.
- MORRISON, J. & MCDUFFIE, A.R. (2009). Connecting Science and Mathematics: Using Inquiry Investigations to Learn About Data Collection, Analysis, and Display. *School Science and Mathematics*, 109(1), 31–44.
- National Research Council [NRC] (1996). *National Science Education Standards*, Washington, DC: National Academy Press.
- NRC (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*: The National Academies Press.
- OECD (2000). *Measuring Student Knowledge and Skills: The Pisa 2000 Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy*: Organisation for Economic Co-Operation and Development.
- OECD (2012). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework*: OECD Publishing.
- OLIVERI, G. (1997). Mathematics. A Science of Patterns? *Synthese*, 112(3), 379-402.
- PANG, J. & GOOD, R. (2000). A Review of the Integration of Science and Mathematics: Implications for Further Research. *School Science and Mathematics*, 100(2), 73–82.
- PAWEK, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*.
- POPOVIC, G. (2011). *Informal Settings: Implications for Secondary Mathematics Teachers' Abilities to Recognize and Apply Mathematics*. Dissertation. Illinois Institute of Technology.
- RAKOCZY, K., BUFF, A. & LIPOWSKY, F. (2005). Teil 1 Befragungsinstrumente. In KLIEME, E., PAULI, C. & REUSSER, K. (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie. "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis"*. Frankfurt, Main.
- REINHOFFER, B. (2008). Lehrkräfte geben Auskunft über ihren Unterricht. Ein systematisierender Vorschlag zur deduktiven und induktiven Kategorienbildung in der Unterrichtsforschung. In MAYRING, P. (Hrsg.), *Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse* (S. 123–141). Weinheim, Basel: Beltz.
- ROST, D.H., SPARFELDT, J.R. & SCHILLING, S.R. (2007). *Differentielles schulisches Selbstkonzept-Gitter mit Skala zur Erfassung des Selbstkonzepts schulischer Leistungen und Fähigkeiten: Disk-Gitter mit SKSLF-8*: Hogrefe.
- RYDER, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*(36), 1–42.
- SO, W.-M. (2013). CONNECTING MATHEMATICS IN PRIMARY SCIENCE INQUIRY PROJECTS. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(2), 385-406.
- STRELLER, S. & BOLTE, C. (2008). Tornados im globalen Klimageschehen. *PdN - ChiS*, 57(2), 11–16.
- TATE, W.F. & MALANCHARUVIL-BERKES, E. (2006). A Contract for Excellence in Scientific Education May I Have Your Signature Please? *Journal of Teacher Education*, 57(3), 278–285.
- URHAHNE, D., KREMER, K. & MAYER, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 71.

- YAGER, R.E. & AKCAY, H. (2010). The Advantages of an Inquiry Approach for Science Instruction in Middle Grades. *School Science and Mathematics*, 110(1), 5–12.
- ZEIDLER, D. & KEEFER, M. (2003). The Role of Moral Reasoning and the Status of Socioscientific Issues in Science Education. In ZEIDLER, D. (Hrsg.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (Band 19) (S. 7-38): Springer Netherlands.

