

Special Issue: Proceedings of the 11th DiNat Forum 2020

DAS POTENZIAL PHILOSOPHISCHER GESPRÄCHE IM BIOLOGIEUNTERRICHT ZUM THEMA EVOLUTION

Deborah Bernhard¹, Markus Wilhelm¹, Dominik Helbling¹

¹Pädagogische Hochschule Luzern

*Please adress all correspondence to Deborah Bernhard, deborah.bernhard@phlu.ch

STRUCTURED ABSTRACT

Hintergrund: Unter Naturwissenschaftler*innen ist die herausragende Bedeutung der Evolutionstheorie für die Biologie und darüber hinaus unbestritten. Mit Einführung des Lehrplans 21 an Schweizer Schulen wird die bisher marginalisierte und unter Laien nach wie vor kontrovers diskutierte Thematik erstmalig ein verbindlicher Bestandteil der Volksschulbildung. Die fehlende Akzeptanz der Evolution sowie die Entwicklung von adäquaten naturwissenschaftlichen Vorstellungen gelten im Biologieunterricht als grosse Herausforderung.

Ziel: Der theoretische Beitrag beschreibt die zentralen Einflussfaktoren für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution und fokussiert dabei die bislang wenig beachtete Interaktion von Religiosität und Verständnis von *nature of science*. Der Artikel zeigt auf, wie philosophische Gespräche mit Kindern und Jugendlichen im Biologieunterricht zur Förderung der Akzeptanz und des Verständnisses der Evolution beitragen können.

Design und Methode: Wichtige Faktoren für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution werden dargelegt; anschliessend wird das Potenzial philosophischer Gespräche in diesem Wirkungsgeflecht diskutiert.

Ergebnisse: Philosophische Gespräche im Kontext der Evolution können die Entwicklung von adäquaten naturwissenschaftlichen Vorstellungen sowie das Verständnis von *nature of science* fördern und sich – durch eine Reduktion des wahrgenommenen Konfliktes zwischen Evolution und religiösen Überzeugungen – positiv auf die Akzeptanz der der Evolution auswirken.

Schlussfolgerungen/Bedeutung für die Lehrpraxis und künftige Forschung: Die theoretisch dargelegten Zusammenhänge sollen in einer quasi-experimentellen Interventionsstudie im Prä-Posttestdesign anhand einer Stichprobe von 22 Sekundarklassen überprüft werden. Daraus ergeben sich Hinweise für die Integration philosophischer Gespräche in den naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere im Kontext der Evolution.

Keywords: Philosophieren mit Kindern, Nature of Science, Evolution, Akzeptanz der Evolution, Biologieunterricht

Received: April 2020. **Accepted:** August 2020.

Background: The outstanding importance of the theory of evolution for biology and beyond is undisputed among scientists. With the introduction of the new curriculum *Lehrplan 21* in Switzerland, the previously marginalized and among laypeople still controversially discussed topic will become a binding component of secondary school. The lack of acceptance of evolution and the development of adequate scientific concepts are considered to be a major challenge in biology education.

Purpose: The theoretical article describes the central factors influencing the acceptance and understanding of evolution and focuses on the previously neglected interaction of religiosity and understanding of the *nature of science*. The article shows how philosophical discussions with children and adolescents in biology classes can promote acceptance and understanding of evolution.

Design and Method: Important factors for the acceptance and understanding of evolution are presented; then the potential of philosophical discussions in this network of effects is discussed.



Results: Philosophical discussions in the context of evolution can promote the development of adequate scientific concepts as well as the understanding of the *nature of science* and – by reducing the perceived conflict between evolution and religious beliefs – have a positive effect on the acceptance of evolution.

Conclusions/Implications for classroom practice and future research: The theoretically presented relationships are to be examined in a quasi-experimental intervention study with pretest-posttest design using a sample of 22 secondary classes. This provides insights into the integration of philosophical discussions in science classes, especially in the context of evolution.

Keywords: *Philosophy for Children, Nature of Science, Acceptance of Evolution, Biology Education*

Received: April 2020. **Accepted:** August 2020.

1 EINLEITUNG

Die Evolutionstheorie stösst – obwohl unter Naturwissenschaftler*innen unbestritten – nach wie vor auf Widerstand und führt zu gesellschaftlichen Kontroversen. So hielten im Jahr 2005 lediglich 60 Prozent der Schweizer Bevölkerung die Aussage «Menschen, so wie wir sie kennen, haben sich aus früheren Tierarten entwickelt» für wahr (Miller, Scott & Okamoto, 2006). Diese gesellschaftliche Realität beeinflusst unweigerlich auch den Schulunterricht und widerspiegelt sich in den Einstellungen der Schüler*innenschaft (Eder, Turic, Milasowsky, van Adzin & Hergovich, 2011; Lammert, 2012). Neben der fehlenden Akzeptanz der Evolution stellt insbesondere die Vermittlung von adäquaten naturwissenschaftlichen Vorstellungen zur Thematik in der Schule eine Herausforderung dar. Alltags- oder Fehlvorstellungen überdauern den Unterricht häufig (Fenner, 2013; Johannsen & Krüger, 2005b; Kattmann, 2017a; Lammert, 2012; Weitzel & Gropengiesser, 2009). Die existierende Opposition und Unkenntnis erweisen sich aus verschiedenen Gründen als problematisch. Nichts in der Biologie ergibt Sinn, sofern es nicht im Lichte der Evolution betrachtet wird – wie dies Dobzhansky (1973) in seinem viel zitierten Essay formuliert. Zugleich erfordert der mündige Umgang mit Themen von individueller und gesellschaftlicher Relevanz ein grundlegendes Verständnis der Evolutionstheorie, da strittige Fragen im Bereich der Landwirtschaft, der Medizin, des Klimawandels oder der Genetik tangiert werden (Dunk & Wiles, 2018; L. S. Mead & Branch, 2011). Mangelnde Akzeptanz und fehlendes Wissen sind zugleich Ursache und Folge der Marginalisierung der Evolution im Unterricht auf der Sekundarstufe 1. Der Evolutionstheorie wurde in der Schweiz aufgrund der Skepsis der Kirche aber auch der Bevölkerung insgesamt keine Priorität in Lehrplänen eingeräumt, so dass diese nur selten Eingang in den Unterrichtsalltag fand. Diese Tendenz wurde durch die Lehrpersonenausbildung verstärkt, in welcher angehende Lehrer*innen nur unzureichend mit der Thematik konfrontiert wurden und somit geringe Kenntnisse aufwiesen (Wilhelm, 2007). Ein beträchtlicher Teil der Bevölkerung kam so – wenn überhaupt – ausschliesslich über ausserschulische Quellen in Kontakt mit der Evolutionstheorie. Da Verständnis und Akzeptanz der Evolution zusammenhängen (vgl. Kapitel 3), ist es vermutlich diesem Umstand geschuldet, dass die Evolutionstheorie

sich nur langsam in breiteren Bevölkerungskreisen etablieren konnte.

Mit Einführung des Lehrplans 21 wird die Thematik ein verbindlicher Bestandteil der Volksschulbildung (Deutscheschweizer Erziehungsdirektorenkonferenz [D-EDK], 2016), so dass den beschriebenen Herausforderungen mit neuer Dringlichkeit begegnet werden muss.

Der vorliegende theoretische Beitrag skizziert in einem ersten Abschnitt die Herausforderungen, welche sich aus der Diversität der Begriffsdefinitionen und Messinstrumente ergeben und führt anschliessend die zentralen Faktoren aus, welche die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution beeinflussen. Vor diesem Hintergrund wird folglich das Potenzial philosophischer Gespräche in der aufgezeigten Problematik dargelegt.

2 BEGRIFFE UND ERHEBUNGSINSTRUMENTE

In vielen empirischen Studien zur Evolution werden Begriffe wie Akzeptanz, Verständnis oder Religiosität verwendet, ohne dass diese genauer definiert werden. Die Diversität in der Begriffsverwendung manifestiert sich in einer Vielzahl an eingesetzten Erhebungsinstrumenten, welchen unterschiedliche Prämissen zugrunde liegen. Diese Unschärfe im Gebrauch von Begriffen und Messinstrumenten wird in empirischen Untersuchungen wirksam und könnte die teils widersprüchlichen Ergebnisse erklären. Eine ausführliche Auseinandersetzung mit Begrifflichkeiten und insbesondere Messinstrumenten würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, findet sich jedoch in der Arbeit von Beniermann (2019).

Das wohl am häufigsten eingesetzte Messinstrument zur Erfassung der Akzeptanz der Evolution ist MATE (*Measure of Acceptance in Evolution*) (Rutledge & Warden, 1999). Dieser Test wird jedoch zunehmend aufgrund seines rein kognitiven Verständnisses von Akzeptanz sowie der nicht eindeutigen Unterscheidung von Wissen und Einstellung kritisiert (Konemann, Asshoff & Hamann, 2012). Zwei weitere wichtige Erhebungsverfahren, welche in Folge dieser Kritik entwickelt wurden, sind I-SEA (*Inventory of Student Evolution Acceptance*) (Nadelson & Southerland, 2012) sowie GAENE (*Generalized Acceptance of Evolution Evaluation*) (Smith, Snyder & Devereaux, 2016). Als weitere Problematik bei Befragungsinstrumenten zur Akzeptanz erweist sich nach Elsdon-Baker (2015) das

framing. Die Ergebnisse von Studien werden durch die präsentierte Beziehung von Evolution und Glaube beeinflusst. Die Autorin kritisiert in ihrem Artikel die häufige Verknüpfung der Akzeptanz der Evolution mit einer atheistischen Weltansicht, welche Kreationist*innen hervorbringt, auf welche diese Zuschreibung nicht zutrifft.

Ähnlich divers zeigen sich Erhebungsinstrumente zum Verständnis der Evolution. Unter Verständnis werden in der Regel adäquate naturwissenschaftliche Konzepte verstanden, welche sich somit von Fehl- oder Alltagsvorstellungen unterscheiden. In der Thematik der Evolution sind diese Fehl- oder Alltagsvorstellungen bei Schüler*innen mannigfaltig (Graf & Hamdorf, 2012; Johannsen & Krüger, 2005a) und sollen durch den Unterricht verändert werden (Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017).

Die Religiosität der Proband*innen wird in den verschiedenen Studien ebenfalls sehr unterschiedlich erfasst. Häufig werden dazu einzelne Items eingesetzt, in welchen die eigene Religiosität insgesamt oder die Anzahl Gottesdienstbesuche eingeschätzt werden muss. Validierte, aufgrund theoretischer Konstrukte entwickelte Skalen finden sich kaum.

Die unscharfen Begriffsdefinitionen sowie die Vielfalt der Erhebungsinstrumente erschweren die Vergleichbarkeit der Studien. Es ist einleuchtend, dass die beschriebenen Schwierigkeiten – beispielsweise das *framing* von Instrumenten oder die unklare Unterscheidung von Wissen und Einstellung – Untersuchungsergebnisse beeinflussen, was bei der Interpretation der Studien berücksichtigt werden muss. Aufgrund der Prävalenz in der Literatur werden in diesem Artikel die Begriffe Akzeptanz und Verständnis der Evolution (weiter-)verwendet. Erwähnenswert scheint ausserdem, dass die vorhandenen Messinstrumente aufgrund ihrer Komplexität und des benötigten Vorwissens kaum für Schweizer Sekundarschulen geeignet sind.

3 ZENTRALE EINFLUSSFAKTOREN FÜR AKZEPTANZ UND VERSTÄNDNIS

In zahlreichen Forschungsarbeiten konnten Faktoren ermittelt werden, welche für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution bedeutsam sind. Die im Kapitel 3 und 4 aufgeführten Studien im Kontext der Evolution schliessen unterschiedliche Stichproben und kulturelle Kontexte ein, welche in der Tabelle 1 übersichtlich dargestellt werden. Wie sich die beiden Aspekte gegenseitig beeinflussen ist noch nicht abschliessend geklärt. Der aktuelle Forschungsstand lässt jedoch vermuten, dass von einem positiven reziproken Zusammenhang ausgegangen werden kann (Akyol, Tekkaya, Sungur & Traynor, 2012; Carter & Wiles, 2014; Deniz, Donnelly & Yilmaz, 2008; Dunk & Wiles, 2018; Fenner, 2013; Rutledge & Warden, 2000). Eine Akzeptanz der Evolution kann sich günstig auf das Lernen auswirken (Yasri & Mancy, 2014), das Verständnis wiederum die Akzeptanz erhöhen (R. Mead, Hejmadi & Hurst, 2018). Damit das Verständnis eine Wirkung auf die Akzeptanz entfalten kann, muss jedoch

– so wird angenommen – ein bestimmtes fachliches Niveau erreicht werden (Sinatra, Southerland, McConaughy & Demastes, 2003).

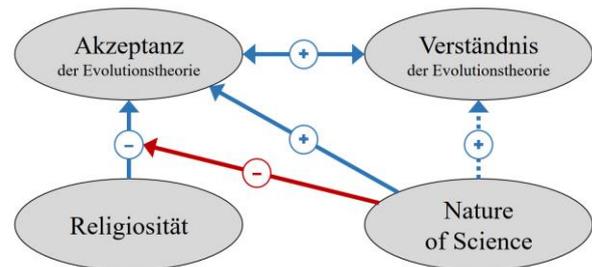


Abb. 1. Zusammenhang zwischen den zentralen Einflussfaktoren, mit nature of science als moderierendem Faktor zwischen Religiosität und Akzeptanz

Als gewichtige Hürde auf dem Weg zur Akzeptanz der Evolution hat sich die Religiosität herauskristallisiert. Untersuchungen aus zahlreichen Ländern an verschiedenen Proband*innen belegen den negativen Effekt von religiösen Überzeugungen auf die Akzeptanz sowie das Verständnis der Evolutionstheorie (Barone, Petto & Campbell, 2014; Betti, Shaw & Behrends, 2020; Dunk, Petto, Wiles & Campbell, 2017; Eder et al., 2011; Gervais, 2015; Lammert, 2012; Trani, 2004). Dieser Befund scheint auf den ersten Blick entmutigend, da das Ziel des Schulunterrichts nicht die Veränderung von Glaubensüberzeugungen sein kann und darf (Hammann & Asshoff, 2011; Sinatra et al., 2003; Williams, 2015). Bei genauerer Betrachtung der Zusammenhänge zeigt sich jedoch, dass der Effekt der Religiosität auf die Akzeptanz vermutlich durch einen weiteren Faktor moderiert wird. In einer Untersuchung mit Studierenden in den USA erklärte die Veränderung von religiösen Einstellungen lediglich 4% der Veränderung der Akzeptanz der Evolution nach einem einjährigen Biologie-Einführungskurs. Als entscheidender Faktor stellte sich das Verständnis von *nature of science* (NOS) heraus, welches fast 40% der Veränderung zu erklären vermochte (Dunk & Wiles, 2018). Zahlreiche weitere Studien untermauern die zentrale Bedeutung dieses Elementes für die Akzeptanz der Evolution. Die Veränderung des Verständnisses von *nature of science* im Laufe eines Kurses korrelierte bei Biologiestudierenden aus den USA signifikant mit der Veränderung der Akzeptanz der Evolution (Carter & Wiles, 2014). In einer Interventionsstudie mit chilenischen Sekundarschüler*innen zeigte sich in der Interventionsgruppe, in welcher Aspekte von *nature of science* explizit im Unterricht zu Evolution thematisiert wurden, eine signifikant höhere Akzeptanz, während diese in der Kontrollgruppe unverändert blieb (Cofré et al., 2018). In einer querschnittlichen Studie aus Deutschland mit knapp 4000 Sekundarschüler*innen erwies sich der Einfluss der Akzeptanz der Wissenschaft auf die Akzeptanz der Evolution als signifikant und stärker als die Faktoren Gläubigkeit und Verständnis der Evolution (Lammert, 2012). Zum gleichen Ergebnis gelangten Studien mit amerikanischen Studierenden (Dunk et al., 2017; Johnson & Peebles, 1987), mit angehenden türkischen und amerikanischen Lehrpersonen (Akyol et al., 2012; Nadelson & Sinatra,

2010), mit amerikanischen Biologielehrpersonen (Rutledge & Warden, 2000) sowie mit amerikanischen Highschool Schüler*innen (Cavallo & McCall, 2008)

In der Literatur findet sich darüber hinaus die These, dass ein differenziertes Verständnis von *nature of science* das Lernen und Verstehen von naturwissenschaftlichen Konzepten unterstützt (Driver, Learch, Millar & Scott, 1996; Duit & Treagust, 2003; Gropengießer & Marohn, 2018; McComas, Almazroa & Clough, 1998; McComas, Clough & Almazroa, 1998). Die Studien im Kontext der Evolution liefern zu diesem Zusammenhang allerdings widersprüchliche Ergebnisse (Akyol et al., 2012; Cavallo & McCall, 2008; Sinatra et al., 2003).

Weitere Faktoren – wie bestimmte Denkkonzeptionen, der Bildungsstand der Eltern oder das Geschlecht – können ebenfalls einen signifikanten Einfluss ausüben (Deniz et al., 2008; Dunk et al., 2017; Lammert, 2012; Lawson & Weser, 1990; Shtulman & McCallum, 2014). Aufgrund der herausragenden Rolle von *nature of science* für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution wird dieses Konstrukt im nächsten Abschnitt fokussiert und näher beleuchtet.

4 DIE BEDEUTUNG VON NATURE OF SCIENCE IM KONTEXT DER EVOLUTION

«Mit dem Begriff *nature of science* wird ein Meta-Wissen über naturwissenschaftliches Wissen und naturwissenschaftliche Tätigkeiten bezeichnet.» (Hofheinz, 2010, S. 9). Adressiert werden demnach Fragen zu naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, epistemologischem Status des Wissens, gesellschaftlichen und sozialen Einflüssen auf den Erkenntnisprozess sowie Grenzen naturwissenschaftlicher Forschung (Heering & Kremer, 2018; Marniok & Reiners, 2016). Die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Erkenntnis von religiösen Erkenntnisformen zu unterscheiden – wie dies explizit im Lehrplan 21 als Kompetenzziel definiert wird – kann somit auch als Aspekt von *nature of science* aufgefasst werden (D-EDK, 2016). Ein differenziertes Verständnis dieser Divergenz kann die Sichtweise auf das Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion modifizieren und den wahrgenommenen Konflikt reduzieren, ohne die Religiosität der Schüler*innen grundsätzlich in Frage zu stellen. In der bereits erwähnten Studie von Dunk und Wiles (2018) wird ebendiese Reduzierung des Konfliktes zwischen religiösen Vorstellungen und Evolution als

mögliche Ursache der steigenden Akzeptanz aufgeführt. Nach einer Typologie von Yasri und Mancy (2014), welche sich auf eine frühere Einteilung des Wissenschaftsphilosophen Ian Barbour (1990) stützen, existieren vier Möglichkeiten, Naturwissenschaft und Religion in Beziehung zu setzen: Konflikt, Kontrast, Ergänzung und Verschmelzung. Im ersten Fall erweisen sich die beiden Bereiche als unvereinbar und widersprüchlich. Die zweite Variante betont die Verschiedenheit der Erkenntnisformen mit ihren je eigenen Fragen und Methoden, welche einen Konflikt verunmöglicht. In der dritten Position werden Naturwissenschaft und Religion als komplementär und für ein umfassendes Verständnis der Welt notwendig verstanden. Die vierte Variante intendiert eine Zusammenführung der beiden Bereiche und verneint die Möglichkeit der Separierung.

Die Position des Konfliktes ist – wie dies Studien belegen (Billingsley, Taber, Riga & Newdick, 2013; Pobiner, 2016) – weit verbreitet und erschwert religiösen Schüler*innen eine Akzeptanz und ein adäquates Verständnis der Evolution. Diese Konfliktperspektive kann als mangelndes Verständnis von *nature of science* interpretiert werden, da sie Eigenheiten und Grenzen von Naturwissenschaft und Religion nicht berücksichtigt (Bayrhuber, 2011; Kattmann, 2017b).

Eine qualitative Untersuchung an einer christlichen Highschool in Thailand – an welcher das Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion während einer Unterrichtseinheit zur Evolution explizit thematisiert wurde – bekräftigt die Rolle von *nature of science* als moderierenden Faktor im Zusammenspiel zwischen Religiosität und Akzeptanz der Evolution. Viele Schüler*innen zeigten nach der Intervention eine höhere Akzeptanz und führten dies unter anderem auf eine veränderte Sichtweise auf das Verhältnis von Evolution und religiösen Überzeugungen zurück (Yasri & Mancy, 2016). Eine Studie an einer Universität in den USA deutet ebenfalls darauf hin, dass die Beschäftigung mit der Kompatibilität von Evolution und Religion den wahrgenommenen Konflikt zwischen beiden Bereichen reduzieren kann. Nach einem zweiwöchigen Kurs zur Evolution, welcher Diskussionen zum Verhältnis von Evolution und religiösen Vorstellungen beinhaltete, reduzierte sich der wahrgenommene Konflikt bei religiösen als auch nicht religiösen Studierenden (Barnes, Elser & Brownell, 2017). Auch Trani (2004) kommt in seiner Studie mit amerikanischen Biologielehrkräften zu folgendem Schluss: «Teachers who have a strong understanding of the nature of science and the theory of evolution accept evolution, even if they

Tab. 1. Übersicht in alphabetischer Reihenfolge zu den im Text aufgeführten Studien im Kontext der Evolution

Autor*innen (Jahr)	Inhaltlicher Fokus	Proband*innen	N	Studiendesign
Akyol, Tekkaya, Sungur & Traynor (2012)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution, NOS und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen bezüglich Evolutionsunterricht	Angehende Naturwissenschaftslehrkräfte in der Türkei	415	Quantitative Querschnittstudie
Barnes, Elser & Brownell (2017)	Einfluss einer Unterrichtseinheit zur Evolution auf den wahrgenommenen Konflikt zwischen Religion und Evolution	Studierende in den USA	60	Qualitative und quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign

Barone, Petto & Campell (2014)	Prädiktoren (Wissen zu Evolution, Religiosität, Bildung) für die Akzeptanz der Evolution	Besucher*innen eines öffentlichen Museums in den USA	203	Quantitative Querschnittstudie
Betti, Shaw & Behrends (2020)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution mit Religion und Studienprogramm	Studierende in Life Sciences im Vereinigten Königreich	344	Quantitative Querschnittstudie
Carter & Wiles (2014)	Zusammenhang von Verständnis von NOS und Einstellung zu Evolution sowie globalem Klimawandel	Biologiestudierende in den USA	620	Quantitative Längsschnittstudie
Cavallo & McCall (2008)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution, Verständnis von NOS und Verständnis der Evolution	Schüler*innen einer Highschool in den USA	81	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign
Cofré et al. (2018)	Einfluss von Evolutionsunterricht mit NOS auf Verständnis und Akzeptanz der Evolution	Sekundarschüler*innen in Chile	39	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Deniz, Donnelly & Yilmaz (2008)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution mit weiteren Faktoren (Denkdispositionen, Verständnis der Evolution, Bildungsstand der Eltern)	Angehende Biologiepersonen in der Türkei	132	Quantitative Querschnittstudie
Dunk & Wiles (2018)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution mit weiteren Faktoren (Verständnis von NOS, genetisches Grundverständnis, evolutionäres Wissen, Religiosität)	Biologiestudierende in den USA	555 (Prätest), 362 (Posttest)	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign
Dunk, Petto, Wiles & Campbell (2017)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution mit weiteren Faktoren (Verständnis von NOS, Religiosität, Offenheit für Erfahrungen, Denomination, Wissen über Evolution, besuchte Biologiekurse)	Biologiestudierende in den USA	284	Quantitative Querschnittstudie
Eder, Turic, Milasowszky, van Adzin & Hergovich (2011)	Zusammenhang von paranormalen Überzeugungen und Akzeptanz der Evolution, Kreationismus und Intelligent Design	Sekundarschüler*innen aus Österreich	2129	Quantitative Querschnittstudie
Fenner (2013)	Verständnis der Evolution und Einstellungen zu Evolution zu Beginn der Sekundarstufe 1 sowie Veränderungen durch Evolutionsunterricht	Gymnasiast*innen 5./6. Klasse in Deutschland	710	Quantitative und qualitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Gervais (2015)	Zusammenhang von analytischem Denken und Akzeptanz der Evolution	Studierende in den USA	1324	Quantitative Querschnittstudie
Johnson & Peeples (1987)	Zusammenhang von Verständnis von NOS und Akzeptanz der Evolution	Studierende in den USA	971	Quantitative Querschnittstudie
Lammert (2012)	Zusammenhang von Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen zu Evolution	Schüler*innen Sekundarstufe 1 in Deutschland	3969	Quantitative Querschnittstudie
Lawson & Weser (1990)	Zusammenhang von nichtwissenschaftlichen Überzeugungen und Fähigkeit zu logischem Denken	Studierende in den USA	954	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign
Mead, Hejmadi & Hurst (2018)	Einfluss von Begabung in Naturwissenschaften und psychologischen Konflikten auf die Akzeptanz der Evolution	Sekundarschüler*innen im Vereinigten Königreich	1227	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign
Nadelson & Sinatra (2010)	Einfluss von Verständnis von Zufallssituationen, Verständnis von NOS und Akzeptanz der Evolution auf das Verständnis der Evolution	Angehende Lehrpersonen in den USA	89	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Rudledge & Warden (2000)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution, Verständnis der Evolution und Verständnis von NOS	Biologielehrpersonen in den USA	552	Quantitative Querschnittstudie
Shtulman & McCallum (2014)	Der Zusammenhang der Fähigkeit zu Konzeptwechsellern in verschiedenen Bereichen und der Disposition zu kognitiver Reflexion	Studierende in den USA	184	Quantitative Querschnittstudie
Sinatra, Southerland, McConaughy & Demastes (2003)	Zusammenhang von Verständnis der Evolution, Akzeptanz der Evolution, epistemologischen Überzeugungen und Denkdispositionen	Studierende in den USA	93	Quantitative Querschnittstudie
Trani (2004)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution, Religiosität, Verständnis von NOS und Verständnis der Evolution	Biologielehrpersonen in den USA	80	Quantitative Querschnittstudie

Yasri & Mancy (2014)	Einfluss von Sichtweisen auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft auf das Lernen zu Evolution	Schüler*innen an einer christlichen Highschool in Thailand	9	Phänomenographische Querschnittstudie mit Interviews
Yasri & Mancy (2016)	Positionen zur Beziehung von Evolution und göttlicher Schöpfung und Gründe für Veränderungen	Schüler*innen einer christlichen Highschool in Thailand	125	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign

are religious. In other words, you can be religious and accept evolution.» (S. 425) Die Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft kann zugleich einen Einfluss auf das Lernen ausüben. Yasri und Mancy (2014) bezeichnen das Lernen von Schüler*innen, welche die Evolution ablehnen, in einer qualitativen Studie als *learning to falsify*, da diese primär darauf bedacht waren, ihre eigene Position zu stärken. Eine solche Herangehensweise kann den Erwerb von adäquaten naturwissenschaftlichen Vorstellungen erschweren.

Es ist zu vermuten, dass – neben der Fähigkeit zur Unterscheidung von religiösen und naturwissenschaftlichen Erkenntnisformen – noch weitere Aspekte von *nature of science* einen Effekt erzeugen. Es ist indes nach wie vor ungeklärt, welche Elemente des Konstruktes entscheidend für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution sind (Pobiner, 2016). Die Bedeutung von *nature of science* insgesamt für die Thematik der Evolution ist aufgrund des Forschungsstandes evident. Zahlreiche Autor*innen sprechen sich deshalb dafür aus, *nature of science* und somit auch das Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion in den Evolutionsunterricht zu integrieren (Farber, 2003; Ohly, 2012; Schwarmann, Smith, James & Jensen, 2005; Winslow, Staver & Scharmann, 2011; Yasri & Mancy, 2016). Dunk et al. (2019) fassen die dargelegten Zusammenhänge, welche in der Abbildung 1 visualisiert werden, folgendermassen zusammen: «Acceptance of evolution is related to understanding of not only evolution, but also the nature of science and religious attitudes and identity. Strategies to increase evolution acceptance must necessarily include a consideration of all these factors.» (S. 328)

5 PHILOSOPHIEREN MIT KINDERN UND JUGENDLICHEN ZUR FÖRDERUNG DER AKZEPTANZ UND DES VERSTÄNDNISSES

Der Unterrichtsansatz des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen wurde vom Hochschuldozent Matthew Lipman entwickelt und kann als Form des sokratischen Gesprächs aufgefasst werden, welches auf die philosophischen Diskussionen des antiken Philosophen Sokrates auf dem Athener Marktplatz zurückgeht (Blesenkemper, 2016; de Boer, 2015; Lipman, 1988, 2009). In philosophischen Gesprächen nach Matthew Lipman ergründen Personen in einer *community of inquiry* eine philosophische Frage und erlangen in einem ko-konstruktiven Prozess neue Erkenntnisse. Die Gesprächsleitung verhält sich dabei zurückhaltend und strukturiert und vertieft durch gezielte Fragen die philosophische Reflexion (Haynes, 2008). Solche Gespräche können im naturwissenschaftlichen

Unterricht den Aufbau von adäquaten Vorstellungen zu *nature of science* und zur Evolution befördern und zugleich die Akzeptanz erhöhen. In den folgenden Abschnitten wird das Potenzial von philosophischen Gesprächen im Kontext der Evolution dargestellt.

Zur Entwicklung von adäquaten Vorstellungen zu *nature of science* ist eine explizite Thematisierung im naturwissenschaftlichen Unterricht notwendig (Hofheinz, 2010). Diese bewusste Reflexion von Fragen zu *nature of science* kann – neben bereits etablierten Methoden – mithilfe von philosophischen Gesprächen kultiviert werden. Die besondere Eignung des Philosophierens ergibt sich aufgrund inhaltlicher Überschneidungen, da Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsethik Teilbereiche der Philosophie darstellen (Michalik, 2009). Nach McComas und Olson (1998) ermöglichen vier Disziplinen Einblicke in *nature of science*; die Philosophie, die Soziologie, die Geschichte und die Psychologie. Die Philosophie stellt dabei – wie in Abbildung 2 ersichtlich – die wichtigste Bezugsdisziplin dar. Diese kann folglich einen spezifischen Beitrag an das Verständnis von *nature of science* leisten, indem unterschiedliche Erkenntnisfor-

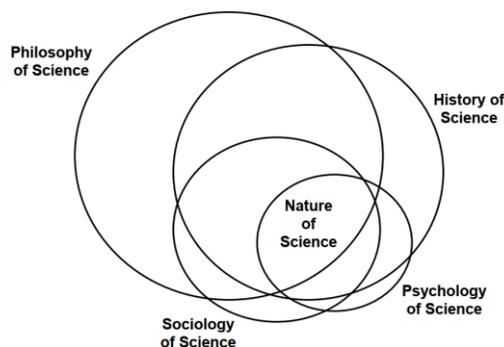


Abb. 2. Komponenten von NOS nach McComas und Olson (1998)

men, Grenzen und Chancen von Naturwissenschaft und Religion sowie ihr Verhältnis zueinander in den Unterricht integriert werden. Nach Michalik (2009) erweist sich der reflexive und metakognitive Charakter des Philosophierens dabei als zentral, da das Nachdenken über den naturwissenschaftlichen Forschungsprozess ein wichtiger Aspekt zur Förderung von Kompetenzen im Bereich *nature of science* darstellt.

Für das Verständnis und die Akzeptanz der Evolution sind subjektive Erfahrungen und intuitive Vorstellungen von herausragender Bedeutung. Philosophische Gespräche knüpfen an solche Vorerfahrungen und Alltagsvorstellungen der Lernenden an, nehmen diese ernst und ermöglichen eine Betrachtung derselben (Dittmer, 2013). Es wird angenommen, dass eine solche

Reflexion von intuitiven Schüler*innenvorstellungen das fachliche Lernen vertieft und als sinnvoller erscheinen lässt (Knight & Collins, 2010; Michalik, 2013a), was Ergebnisse aus Studien im Fach Biologie untermauern, die jedoch nicht auf dem Unterrichtsansatz des Philosophierens mit Kindern beruhen (Born, 2007; Monetha, 2009; Oschatz, Mielke & Gebhard, 2011).

Neben der Berücksichtigung von Alltagsvorstellungen erweist sich auch das kooperative Lernen – insbesondere die kollaborative Argumentation – als förderlich für die Initiierung von Konzeptwechseln und -erweiterungen (Egbers & Marohn, 2014; Gropengießer & Marohn, 2018; Lin, 2016). Zahlreiche Untersuchungen aus dem Feld der Gesprächsforschung belegen, dass ko-konstruktive Unterrichtsgespräche lernwirksam sind (Asterhan & Schwarz, 2007; Aufschnaiter, Erduran, Osborne & Simon, 2008; Felton, Garcia-Mila, Villarroel & Gilabert, 2015; Mercer, Dawes, Wegerif & Sams, 2004; O'Connor, Michaels & Chapin, 2015). Philosophische Gespräche zeichnen sich durch ihr ko-konstruktives Wesen aus und könnten somit die Veränderung und Entwicklung von Vorstellungen in der Thematik der Evolution begünstigen.

6 FAZIT

Trotz oder vielleicht gerade wegen der aussergewöhnlichen Stellung der Evolutionstheorie wurde diese bisher in der Volksschule der Deutschschweiz nur vereinzelt unterrichtet. Im Zuge der Einführung des Lehrplans 21 wird der vernachlässigten Thematik in der Forschung, der Didaktik sowie der Praxis zweifelsohne mehr Aufmerksamkeit zukommen müssen.

Der bisherige Forschungsstand zeigt dabei deutlich die Stolpersteine auf, welchen Lehrpersonen bei der Vermittlung von adäquaten Konzepten und der Förderung der Akzeptanz begegnen. Die Religiosität stellt ein wichtiges Element in diesem Wirkungsgeflecht dar. Für die Unterrichtspraxis entscheidend ist jedoch das Verständnis von *nature of science*, dessen Bedeutung in zahlreichen Studien belegt werden konnte. Im Kontext der Evolution kann auch die Unterscheidung von religiösen und naturwissenschaftlichen Erkenntnisformen sowie die Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft als Aspekt von *nature of science* betrachtet werden. Ein solch differenziertes Verständnis ermöglicht religiösen Personen eine Akzeptanz der Evolution und fungiert somit als Moderatorvariable zwischen Religiosität und Akzeptanz. Philosophische Gespräche bieten die Möglichkeit, erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Fragen im gemeinsamen Austausch zu reflektieren und dadurch das Verständnis von *nature of science* zu fördern. Zugleich kann das Lernen durch den Einbezug der Erfahrungen und Vorstellungen der Schüler*innen vertieft werden. Dieser Prozess wird zusätzlich durch den ko-konstruktiven Charakter der philosophischen Gespräche unterstützt.

Die bereits dargelegten Zusammenhänge der Variablen *nature of science*, Religiosität, Verständnis und Akzeptanz können nun durch die beschriebene Wirkungslogik gemäss Abbildung 3 ergänzt werden.

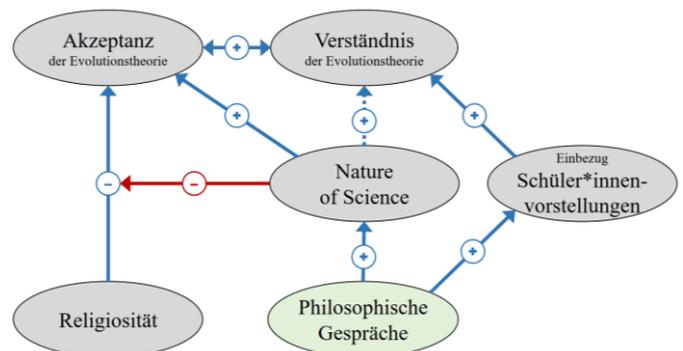


Abb. 3. Der Einfluss philosophischer Gespräche auf die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution

Inwieweit die Annahmen des Wirkungsmodells der Realität in Schweizer Sekundarschulen entsprechen, muss in empirischen Untersuchungen geklärt werden und ist Gegenstand einer laufenden Interventionsstudie, in welcher drei philosophische Gespräche in eine Unterrichtseinheit zur Evolution integriert wurden. Die Pilotstudie eröffnete bereits vielversprechende Einblicke in die Reflexionsprozesse während dieser Gespräche. Eine Schülerin, welche sich schriftlich zu ihren Lernerfahrungen äussern konnte, fasste diese folgendermassen zusammen:

«Es ist bei unserer Diskussion rausgekommen, dass die Theorien immer noch mehr erweitert werden können, wenn derjenige genügend glaubwürdige Beweise hat. Es kann sein, dass die Theorien nicht immer 100% stimmen.»
(Schülerin, 14)

Die Klasse reflektierte in diesem philosophischen Gespräch den Status naturwissenschaftlichen Wissens. Die Erkenntnis, dass sich naturwissenschaftliche Theorien im Wandel befinden und somit modifizier- und erweiterbar sind, stellt dabei ein wichtiger Aspekt von *nature of science* dar (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003). Ein weiterer Schüler formulierte seinen Erkenntnisgewinn nach einem philosophischen Gespräch so:

«Man kann an Gott glauben, auch wenn man Wissenschaftler ist. Das heisst, das eine schliesst das andere nicht aus. Dennoch, wegen der Evolution ist die Wissenschaft logischer. Die Religion erklärt dafür eher ethische Fragen.»
(Schüler, 14)

Die Schüler*innen dieser Klasse diskutierten im Gespräch das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft. Die Auffassung, dass Religion und Naturwissenschaft sich nicht widersprechen müssen, widerspiegelt ein adäquates Verständnis von *nature of science*, da ein Bewusstsein für die Unterschiedlichkeit

der beiden Perspektiven erkennbar wird. Eine Sichtweise, welche von einer Kompatibilität der beiden Bereiche ausgeht, ermöglicht religiösen Schüler*innen eine Akzeptanz der Evolution.

Die theoretischen Überlegungen, der bisherige Forschungsstand sowie die ersten Erfahrungen der Interventionsstudie stimmen optimistisch, dass die Integration von philosophischen Gesprächen in den naturwissenschaftlichen Evolutionsunterricht positive, fachbezogene Wirkungen evoziert. Unabhängig dieses spezifisch fachlichen Beitrages sprechen zahlreiche bildungstheoretische Argumente, welche in diesem Artikel unerwähnt blieben, für ein regelmässiges Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen in der Schule (Michalik, 2008, 2013b).

LITERATURVERZEICHNIS

- Akyol, G., Tekkaya, C., Sungur, S. & Traynor, A. (2012). Modeling the Interrelationships Among Pre-service Science Teachers' Understanding and Acceptance of Evolution, Their Views on Nature of Science and Self-Efficacy Beliefs Regarding Teaching Evolution. *Journal of Science Teacher Education*, 23(8), 937–957. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9296-x>
- Asterhan, C. S. C. & Schwarz, B. B. (2007). The effects of monological and dialogical argumentation on concept learning in evolutionary theory. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 626–639. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.3.626>
- Aufschnaiter, C. von, Erduran, S., Osborne, J. & Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue. Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101–131. <https://doi.org/10.1002/tea.20213>
- Barbour, I. G. (1990). *Religion in an age of science* (The Gifford lectures, v. 1, 1989-1991 i.e. 1990, 1st ed.). San Francisco: Harper & Row.
- Barnes, M. E., Elser, J. & Brownell, S. E. (2017). Impact of a Short Evolution Module on Students' Perceived Conflict between Religion and Evolution. *The American Biology Teacher*, 79(2), 104–111. <https://doi.org/10.1525/abt.2017.79.2.104>
- Barone, L. M., Petto, A. J. & Campbell, B. C. (2014). Predictors of evolution acceptance in a museum population. *Evolution: Education and Outreach*, 7(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s12052-014-0023-2>
- Bayrhuber, H. (2011). Evolution und Schöpfung - eine Übersicht. In H. Bayrhuber (Hrsg.), *Darwin und kein Ende? Kontroversen zu Evolution und Schöpfung* (1. Aufl., S. 12–19). Seelze: Klett/-Kallmeyer.
- Beniermann, A. (2019). *Evolution – von Akzeptanz und Zweifeln*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-24105-6>
- Betti, L., Shaw, P. & Behrends, V. (2020). Acceptance of Biological Evolution by First-Year Life Sciences University Students. *Science & Education*, 16(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00110-0>
- Billingsley, B., Taber, K., Riga, F. & Newdick, H. (2013). Secondary School Students' Epistemic Insight into the Relationships Between Science and Religion - A Preliminary Enquiry. *Research in Science Education*, 43(4), 1715–1732. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9317-y>
- Blesenkemper, K. (2016). Das sokratische Gespräch. In B. Brüning (Hrsg.), *Ethik/Philosophie Didaktik* (S. 71–84). Berlin: Cornelsen Verlag GmbH.
- Born, B. (2007). *Lernen mit Alltagsphantasien. Zur expliziten Reflexion impliziter Vorstellungen im Biologieunterricht* (Studien zur Bildungsgangforschung, Bd. 10, 1. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Carter, B. E. & Wiles, J. R. (2014). Scientific consensus and social controversy: exploring relationships between students' conceptions of the nature of science, biological evolution, and global climate change. *Evolution: Education and Outreach*, 7(1), 648. <https://doi.org/10.1186/s12052-014-0006-3>
- Cavallo, A. M. L. & McCall, D. (2008). Seeing May Not Mean Believing: Examining Students' Understandings & Beliefs in Evolution. *The American Biology Teacher*, 70(9), 522–530. <https://doi.org/10.1662/0002-7685-70.9.522>
- Cofré, H. L., Santibáñez, D. P., Jiménez, J. P., Spotorno, A., Carmona, F., Navarrete, K. et al. (2018). The effect of teaching the nature of science on students' acceptance and understanding of evolution: myth or reality? *Journal of Biological Education*, 52(3), 248–261. <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1326968>
- De Boer, H. (2015). Philosophieren als Unterrichtsprinzip – philosophische Gespräche mit Kindern. In H. de Boer & M. Bonanati (Hrsg.), *Gespräche über Lernen - Lernen im Gespräch* (S. 233–249). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-09696-0_13
- Deniz, H., Donnelly, L. A. & Yilmaz, I. (2008). Exploring the factors related to acceptance of evolutionary theory among Turkish preservice biology teachers: Toward a more informative conceptual ecology for biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 420–443. <https://doi.org/10.1002/tea.20223>
- Deutscheschweizer Erziehungsdirektorenkonferenz. (2016). *Lehrplan 21. Gesamtausgabe*. Verfügbar unter <http://vef.lehrplan.ch/downloads.php>

- Dittmer, A. (2013). Das philosophische Gespräch im naturwissenschaftlichen Unterricht. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012; [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 33]* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 33, S. 365–367). Kiel: IPN.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125–129. Zugriff am 25.07.2019. Verfügbar unter <https://biologie-lernprogramme.de/daten/programme/js/homologer/date n/lit/Dobzhansky.pdf>
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Bristol: Open University Press.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Dunk, R. D. P., Barnes, M. E., Reiss, M. J., Alters, B., Asghar, A., Carter, B. E. et al. (2019). Evolution education is a complex landscape. *Nature Ecology & Evolution*, 3(3), 327–329. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0802-9>
- Dunk, R. D. P., Petto, A. J., Wiles, J. R. & Campbell, B. C. (2017). A multifactorial analysis of acceptance of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 10(1), ar18. <https://doi.org/10.1186/s12052-017-0068-0>
- Dunk, R. D. P. & Wiles, J. R. (2018). Changes in Acceptance of Evolution and Associated Factors during a Year of Introductory Biology: The Shifting Impacts of Biology Knowledge, Politics, Religion, Demographics, and Understandings of the Nature of Science. *bioRxiv*, 2 80479. <https://doi.org/10.1101/280479>
- Eder, E., Turic, K., Milasowszky, N., van Adzin, K. & Hergovich, A. (2011). The Relationships Between Paranormal Belief, Creationism, Intelligent Design and Evolution at Secondary Schools in Vienna (Austria). *Science & Education*, 20(5-6), 517–534. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9327-y>
- Egbers, M. & Marohn, A. (2014). Schüler- vorstellungen verändern. Konzeptentwicklung und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichts- konzeption "choice2learn". In *Fachdidaktische For- schungsfragen. Band 6*. Waxmann Verlag GmbH. Zugriff am 120-127.
- Elsdon-Baker, F. (2015). Creating creationists: The influence of 'issues framing' on our understanding of public perceptions of clash narratives between evolutionary science and belief. *Public Understanding of Science*, 24(4), 422–439. <https://doi.org/10.1177/0963662514563015>
- Farber, P. (2003). Teaching Evolution & the Nature of Science. *The American Biology Teacher*, 65(5), 347–354.
- Felton, M., Garcia-Mila, M., Villarroel, C. & Gilabert, S. (2015). Arguing collaboratively. Argumentative discourse types and their potential for knowledge building. *British Journal of Educational Psychology*, 85(3), 372–386. <https://doi.org/10.1111/bjep.12078>
- Fenner, A. (2013). *Schülervorstellungen zur Evolutionstheorie, Konzeption und Evaluation von Unterricht zur Anpassung durch Selektion*. Dissertation. Justus-Liebig-Universität, Gießen.
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9>
- Gervais, W. M. (2015). Override the controversy: Analytic thinking predicts endorsement of evolution. *Cognition*, 142, 312–321. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.05.011>
- Graf, D. & Hamdorf, E. (2012). Evolution Verbreitete Fehlvorstellungen zu einem zentralen Thema. In D. C. Dreesmann, D. Graf & K. Witte (Hrsg.), *Evolutionsbiologie* (S. 25–41). Heidelberg Spektrum Akademischer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2786-1_1
- Gropengießer, H. & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–68). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2011). Einstellungen zur Evolutionstheorie. In H. Bayrhuber (Hrsg.), *Darwin und kein Ende? Kontroversen zu Evolution und Schöpfung* (1. Aufl., S. 130–143). Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Haynes, J. (2008). *Children as philosophers. Learning through enquiry and dialogue in the primary classroom*. London: Routledge/Falmer.
- Heering, P. & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 105–120). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hofheinz, V. (2010). Das Wesen der Naturwissenschaften. Was die Naturwissenschaften ausmacht. *Unterricht Chemie*, 21(118/119), 8–13.

Johannsen, M. & Krüger, D. (2005a). Schülervorstellungen zur Evolution - eine quantitative Studie. *IDB Münster*, (14), 23–48.
https://doi.org/10.5771/9783845258638_20

Johannsen, M. & Krüger, D. (2005b). Schülervorstellungen zur Evolution. eine quantitative Studie. In M. Albers (Hrsg.), *Informationelle Selbstbestimmung* (S. 20–27). Nomos.
https://doi.org/10.5771/9783845258638_20

Johnson, R. R. & Peeples, E. E. (1987). The Role of Scientific Understanding in College: Student Acceptance of Evolution. *The American Biology Teacher*, 49(2), 93–98.

Kattmann, U. (2017a). Die Bedeutung der Alltagsvorstellungen für den Biologieunterricht. In U. Kattmann (Hrsg.), *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen. Didaktische Rekonstruktion und Unterrichtseinheiten* (1. Auflage, S. 6–13). Seelze: Klett / Kallmeyer.

Kattmann, U. (2017b). Evolution im Kontext der Schöpfung unterrichten. Klassenstufe 10-12. In U. Kattmann (Hrsg.), *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen. Didaktische Rekonstruktion und Unterrichtseinheiten* (1. Auflage, S. 201–214). Seelze: Klett / Kallmeyer.

Knight, S. & Collins, C. (2010). Enlivening the curriculum. The power of philosophical inquiry. *School Field*, 8(3), 305–318.
<https://doi.org/10.1177/1477878510381630>

Konnemann, C., Asshoff, R. & Hammann, M. (2012). Einstellungen zur Evolutionstheorie. Theoretische und messtheoretische Klärungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 75–79.

Lammert, N. (2012). *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu Evolution und Wissenschaft*. Dissertation. Technische Universität Dortmund, Dortmund.

Lawson, A. E. & Weser, J. (1990). The rejection of nonscientific beliefs about life: Effects of instruction and reasoning skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(6), 589–606.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660270608>

Lin, J.-W. (2016). Examining the Factors That Influence Students' Science Learning Processes and Their Learning Outcomes: 30 Years of Conceptual Change Research. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(10).
<https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.000600a>

Lipman, M. (1988). *Philosophy goes to school*. Philadelphia Pa.: Temple Univ. Press.

Lipman, M. (2009). Philosophy for Children: Some Assumptions and Implications. In E. Marsal (Ed.), *Children philosophize worldwide. Theoretical and practical concepts* (Hodos - Wege bildungsbezogener Ethikforschung in Philosophie und Theologie, Bd. 9, pp. 23–46). Frankfurt, M.: Lang.

Marniok, K. & Reiners, C. S. (2016). Die Repräsentation der Natur der Naturwissenschaften in Schulbüchern. *CHEMKON*, 23(2), 65–70.
<https://doi.org/10.1002/ckon.201610265>

McComas, W., Almazroa, H. & Clough, M. P. (1998). The Nature of Science in Science Education: An Introduction. *Science & Education*, 7(6), 511–532.
<https://doi.org/10.1023/A:1008642510402>

McComas, W., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. In W. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (Science & Technology Education Library, vol. 5, pp. 3–39). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. & Olson, J. K. (1998). The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In W. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (Science & Technology Education Library, vol. 5, pp. 41–52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Mead, L. S. & Branch, G. (2011). Overcoming Obstacles to Evolution Education: Why Bother Teaching Evolution in High School? *Evolution: Education and Outreach*, 4(1), 114–116.
<https://doi.org/10.1007/s12052-011-0316-7>

Mead, R., Hejmadi, M. & Hurst, L. D. (2018). Scientific aptitude better explains poor responses to teaching of evolution than psychological conflicts. *Nature Ecology & Evolution*, 2(2), 388–394.
<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0442-x>

Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R. & Sams, C. (2004). Reasoning as a scientist. Ways of helping children to use language to learn science. *British Educational Research Journal*, 30(3), 359–377.
<https://doi.org/10.1080/01411920410001689689>

Michalik, K. (2008). Die Welt ist fragwürdig. Philosophieren mit Kindern im Sachunterricht. *Grundschule* 40, (12), 27–28.

Michalik, K. (2009). Philosophieren mit Kindern als Unterrichtsprinzip und die Förderung von Wissenschaftsverständnis im Sachunterricht. In K. Michalik (Hrsg.), *Philosophie als Bestandteil wissenschaftlicher Grundbildung? Möglichkeiten der Förderung des Wissenschaftsverständnisses in der Grundschule durch das Philosophieren mit Kindern*

(Grundschulpädagogik interdisziplinär, Bd. 2, S. 27–42). Berlin u.a.: Lit-Verl.

Michalik, K. (2013a). Philosophieren im Sachunterricht. Entwicklung, Bilanz und Perspektiven. In H.-J. Fischer, H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Der Sachunterricht und seine Didaktik. Bestände prüfen und Perspektiven entwickeln* (Schriftenreihe der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 23, S. 63–70). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Michalik, K. (2013b). Philosophieren mit Kindern als Unterrichtsprinzip. Bildungstheoretische Begründungen und empirische Fundierungen. *Pädagogische Rundschau*, 67, 635–649.

Miller, J. D., Scott, E. C. & Okamoto, S. (2006). Science communication. Public acceptance of evolution. *Science (New York, N.Y.)*, 313(5788), 765–766. <https://doi.org/10.1126/science.1126746>

Monetha, S. (2009). *Alltagsphantasien, Motivation und Lernleistung. Zum Einfluss der expliziten Berücksichtigung von Alltagsphantasien im Biologieunterricht auf motivationale Faktoren und Lernleistung* (Studien zur Bildungsgangforschung, Bd. 26). Opladen u.a.: Budrich.

Nadelson, L. S. & Sinatra, G. M. (2010). Shifting Acceptance of Evolution: Promising Evidence of the Influence of the Understanding Evolution Website. *The Researcher*, 23(1), 13–29. Zugriff am 05.09.2018. Verfügbar unter <http://www.nrmera.org/wp-content/uploads/2016/02/Researcherv23.1Nadelson.pdf>

Nadelson, L. S. & Southerland, S. (2012). A More Fine-Grained Measure of Students' Acceptance of Evolution: Development of the Inventory of Student Evolution Acceptance—I-SEA. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1637–1666. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.702235>

O'Connor, C., Michaels, S. & Chapin, S. (2015). "Scaling Down" to Explore the Role of Talk in Learning. Form District Intervention to Controlled Classroom Study. In L. B. Resnick, C. S. C. Asterhan & S. N. Clarke (Hrsg.), *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue* (S. 111–126).

Ohly, K. P. (2012). Evolutionstheorie und Schöpfungslehre im Biologieunterricht. In D. C. Dreesmann, D. Graf & K. Witte (Hrsg.), *Evolutionsbiologie* (S. 485–502). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in*

Science Teaching, 40(7), 692–720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>

Oschatz, K., Mielke, R. & Gebhard, U. (2011). Fachliches Lernen mit subjektiv bedeutsamem implizitem Wissen? Lohnt sich der Aufwand? In E. H. Witte & L.-M. Alisch (Hrsg.), *Sozialpsychologie, Sozialisation und Schule. Beiträge des 26. Hamburger Symposiums zur Methodologie der Sozialpsychologie* (246–254). Lengerich: Pabst Science Publ.

Pobiner, B. (2016). Accepting, understanding, teaching, and learning (human) evolution: Obstacles and opportunities. *American Journal of Physical Anthropology*, 159(Suppl 61), S232–74. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22910>

Rutledge, M. L. & Warden, M. A. (1999). The Development and Validation of the Measure of Acceptance of the Theory of Evolution Instrument. *School Science and Mathematics*, 99(1), 13–18. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1999.tb17441.x>

Rutledge, M. L. & Warden, M. A. (2000). Evolutionary Theory, the Nature of Science & High School Biology Teachers: Critical Relationships. *The American Biology Teacher*, 62(1), 23–31. [https://doi.org/10.1662/00027685\(2000\)062\[0023:ETT NOS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/00027685(2000)062[0023:ETT NOS]2.0.CO;2)

Schwarmann, L. C., Smith, M. U., James, M. C. & Jensen, M. (2005). Explicit Reflective Nature of Science Instruction: Evolution, Intelligent Design, and Umbrellaology. *Journal of Science Teacher Education*, 16(1), 27–41. Zugriff am 07.09.2018. Verfügbar unter <https://www.jstor.org/stable/pdf/43156353.pdf?refreqid=excelsior%3A3c6d5932b90edc8498a0facaf3fead27>

Shtulman, A. & McCallum, K. (2014). Cognitive Reflection Predicts Science Understanding. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 36.

Sinatra, G. M., Pintrich, P. R. & Smith, L. (2004). Intentionality in Conceptual Change and Constructivism. *The American Journal of Psychology*, 117(2), 283. <https://doi.org/10.2307/4149028>

Sinatra, G. M., Southerland, S. A., McConaughy, F. & Demastes, J. W. (2003). Intentions and beliefs in students' understanding and acceptance of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 510–528. <https://doi.org/10.1002/tea.10087>

Smith, M. U., Snyder, S. W. & Devereaux, R. S. (2016). The GAENE-Generalized Acceptance of Evolution Evaluation: Development of a new measure of evolution acceptance. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(9), 1289–1315. <https://doi.org/10.1002/tea.21328>

Trani, R. (2004). I Won't Teach Evolution; It's against My Religion. And Now for the Rest of the Story... *The American Biology Teacher*, 66(6), 419–427. Zugriff am 26.04.2019. Verfügbar unter <https://www.jstor.org/stable/pdf/4451708.pdf?refreqid=excelsior%3Aca232223df92e60b0c631d2a25066207>

Weitzel, H. & Gropengiesser, H. (2009). Vorstellungsentwicklung zur stammesgeschichtlichen Anpassung. Wie man Lernhindernisse verstehen und förderliche Lernangebote machen kann. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 287–305.

Wilhelm, M. (2007). Evolution - seit 150 Jahren (k)ein Thema im Naturwissenschaftsunterricht. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern*, Band 38, 178–189.

Williams, J. D. (2015). Evolution Versus Creationism: A matter of acceptance versus belief. *Journal of Biological Education*, 49(3), 322–333. <https://doi.org/10.1080/00219266.2014.943790>

Winslow, M. W., Staver, J. R. & Scharmann, L. C. (2011). Evolution and personal religious belief: Christian university biology-related majors' search for reconciliation. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(9), 1026–1049. <https://doi.org/10.1002/tea.20417>

Yasri, P. & Mancy, R. (2014). Understanding Student Approaches to Learning Evolution in the Context of their Perceptions of the Relationship between Science and Religion. *International Journal of Science Education*, 36(1), 24–45. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.715315>

Yasri, P. & Mancy, R. (2016). Student positions on the relationship between evolution and creation: What kinds of changes occur and for what reasons? *Journal of Research in Science Teaching*, 53(3), 384–399. <https://doi.org/10.1002/tea.21302>