

Philosophieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

Eine Interventionsstudie in Biologie zum Thema Evolution

Von der Pädagogischen Hochschule Heidelberg
zur Erlangung des Grades einer Doktorin
der Philosophie (Dr. phil.)
genehmigte Dissertation von

Deborah Bernhard

aus

Bäretswil, Schweiz

2022

Erstgutachter: Prof. Dr. sc. nat. Markus Wilhelm
Zweitgutachter: Prof. Dr. theol. Dominik Helbling
Drittgutachter: Prof. Dr. Markus Rehm
Fach: Biologie, Philosophie
Tag der mündlichen Prüfung: 22.02.2022

Danksagung

Diese Arbeit wäre ohne die Unterstützung und Mitwirkung zahlreicher Menschen nicht entstanden. Es ist mir deshalb ein besonderes Anliegen, verschiedenen Personen zu danken:

Dominik Helbling und Markus Wilhelm danke ich für die fachlich kompetente und wertschätzende Begleitung, die konstruktiven Rückmeldungen, die gemeinsame Denkarbeit und die zahlreichen inspirierenden philosophischen und persönlichen Gespräche. Ihr seid für mich zu Vorbildern und Freunden geworden in diesen vier Jahren.

Meinen Mitdoktorierenden, insbesondere Andrea Schmid, danke ich für gemeinsam erlebte Höhen und Tiefen auf dieser Dissertationsreise. Ihr habt mich motiviert, mir wertvolle Tipps gegeben, mich zum Nachdenken und Lachen gebracht und mir unvergessliche Momente beschert.

Meiner Familie danke ich für die immerwährende Unterstützung, auf welche ich zählen kann. Meiner Mutter gebührt Dank für die zahlreichen Stunden, in welchen sie meine Texte gelesen und korrigiert hat. Ihr seid ein Fels in der Brandung.

Von Herzen danke ich auch meinen Freund*innen, insbesondere Yvonne Bischofberger, Manuela Bösch und Hannah Kuratle. Eure Existenz macht mein Leben so viel reicher. Danke für euer Interesse an meinem Leben, meiner Arbeit und eure Geduld mit mir.

Ein grosser Dank geht an alle Schüler*innen und Lehrpersonen, welche an dieser Studie teilgenommen haben. Mir wurde wieder einmal vor Augen geführt, welche tolle, engagierte und motivierte Lehrpersonen an unseren Schulen unterrichten.

Danken möchte ich ausserdem Silja Rohr-Mentele, welche mich erst auf die Idee brachte zu doktorieren; ohne sie gäbe es diese Arbeit somit nicht.

Flurina Alther danke ich für die tolle Zusammenarbeit bei der Beurteilung der philosophischen Gespräche. Deine Fähigkeit, genau zu beobachten und zu beschreiben war Gold wert.

Ich danke Stella Bollmann, ohne welche ich mich im Labyrinth der Statistik nicht zurechtgefunden hätte.

Mein innigster Dank geht an Andreas Bernhard, der mich – neben der Behebung manch technischer Probleme – in allem begleitet, mich inspiriert, mir Kraft gibt, mich herausfordert und mich zu der besten Version meiner Selbst macht. Du bist die Luft, die ich atme.

Abstract

Die vorliegende Studie verfolgte das Ziel, das Potenzial des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen im Naturwissenschaftsunterricht an einem konkreten Beispiel zu untersuchen. Aufgrund der zahlreichen Anknüpfungspunkte wurde der Einfluss philosophischer Gespräche auf die Akzeptanz der Evolution, das Verständnis der Evolution sowie das Verständnis von *nature of science* beleuchtet. Bisher existierten kaum Untersuchungen, welche das Philosophieren in den Fächern oder die Wirkung des Evolutionsunterrichts im schweizerischen Bildungskontext adressieren. Zur Schliessung dieser Forschungslücke wurde eine Interventionsstudie von zehn Lektionen an 21 Sekundarschulklassen durchgeführt, in welcher die teilnehmenden Schüler*innen zu drei Zeitpunkten in eine Philosophie- und eine Biologiegruppe eingeteilt wurden. Während die Lernenden der Philosophiegruppe an insgesamt drei philosophischen Gesprächen partizipierten, vertieften die Personen der Biologiegruppe die fachlichen Inhalte mithilfe weiterer Aufgaben. In den philosophischen Gesprächen wurden dabei primär das Verhältnis von Religion und Evolution sowie erkenntnistheoretische Fragen fokussiert.

Beide Interventionsgruppen verzeichneten signifikante Zugewinne im Verständnis sowie der Akzeptanz der Evolution zwischen Prä- und Posttest. Die Schüler*innen der Philosophiegruppe erreichten ausserdem in beiden Skalen der epistemologischen Überzeugungen, welche als Aspekte von *nature of science* betrachtet werden, signifikant höhere Werte, während dies in der Biologiegruppe nur auf eine Skala zutraf. Die Bedeutung von *nature of science* für die Akzeptanz sowie das Verständnis der Evolution konnte weitgehend bestätigt werden. Die Veränderung der epistemologischen Überzeugungen führte jedoch nur in der Biologiegruppe zu einer Veränderung der Akzeptanz der Evolution. Eine genauere Analyse der Philosophiegruppe legte zutage, dass Schüler*innen, welche an qualitativ höherwertigen philosophischen Gesprächen teilnahmen, besonders starke Zugewinne in der Akzeptanz aufwiesen. Lernende, welche sich an unterdurchschnittlich eingeschätzten philosophischen Gesprächen beteiligten, wiesen hingegen keine signifikante Veränderung auf. Weiter zeigte sich, dass der Einfluss der Religiosität auf die Akzeptanz der Evolution in Gruppen mit differenzierten philosophischen Gesprächen ab- und in Gruppen mit weniger differenzierten Gesprächen zunahm.

Es kann vermutet werden, dass der Thematisierung der Schüler*innenvorstellungen zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im ersten philosophischen Gespräch eine bedeutende Rolle für die Interpretation der dargelegten Ergebnisse zukommt. Werden diese nicht ausreichend differenziert reflektiert, scheint sich eine Aktivierung negativ auf die Akzeptanz der Evolution auszuwirken.

Die Ergebnisse der Studie implizieren, dass philosophische Gespräche einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution und die Entwicklung epistemologischer Überzeugungen ausüben können, ohne das Verständnis der Evolution negativ zu beeinflussen. Bedingung dafür ist jedoch, dass die durchgeführten Gespräche eine gewisse Qualität aufweisen. Die Resultate der Forschungsarbeit unterstreichen somit die Notwendigkeit einer gezielten Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen im Bereich des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen und bieten weitere Belege für den Nutzen dieses Unterrichtsansatzes im Fachunterricht.

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG.....	3
ABSTRACT.....	5
EINLEITUNG.....	11
1 PHILOSOPHIEREN IN DER SCHULE	13
1.1 Können Kinder philosophieren?.....	13
1.2 Wozu Philosophieren in der Schule?	16
1.3 Philosophische Denk- und Unterrichtsmethoden	18
1.4 Der Unterrichtsansatz des Philosophierens mit Kindern.....	20
1.5 Gelungene philosophische Gespräche und die Rolle der Lehrperson.....	22
1.6 Ergebnisse empirischer Studien zum Philosophieren mit Kindern	28
1.6.1 Kognitive Wirkungen des Philosophierens.....	28
1.6.2 Nicht kognitive Wirkungen des Philosophierens.....	30
1.6.3 Fazit zum Forschungsstand	35
1.7 Das Potenzial philosophischer Gespräche in den Fächern.....	40
1.7.1 Vertiefung des fachlichen Lernens	40
1.7.2 Integration und Reflexion verschiedener Perspektiven	50
1.7.3 Ausgangspunkt für Bildungsprozesse	52
1.7.4 Förderung von überfachlichen Kompetenzen	54
1.7.5 Begünstigung der Interessengnese	55
1.8 Fazit.....	57
2 NATURE OF SCIENCE UND (ETHISCHE) URTEILS- KOMPETENZ ALS ZENTRALE ELEMENTE DES NATUR- WISSENSCHAFTSUNTERRICHTS.....	59
2.1 <i>Nature of science</i>	59
2.1.1 <i>Nature of science</i> als zentraler Bestandteil des Naturwissen- schaftsunterrichts	61
2.1.2 Charakterisierung des Konzeptes <i>nature of science</i>	63
2.1.3 Epistemologische Überzeugungen als Aspekt von <i>nature of</i> <i>science</i>	70
2.1.4 (Fehl-)Vorstellungen zu <i>nature of science</i>	71
2.1.5 Förderung von <i>nature of science</i> im Unterricht.....	73
2.2 (Ethische) Urteilskompetenz	75
2.3 Fazit.....	77
3 EVOLUTION IN DER SCHULE	79
3.1 Die Bedeutung der Evolution für den Biologieunterricht und ihre Stellung in der Sekundarstufe 1	79

3.2	Begriffe und Messinstrumente in der empirischen Forschung zur Evolution	81
3.3	Akzeptanz der Evolution – Einflussfaktoren und Wirkung von naturwissenschaftlichem Unterricht	86
3.3.1	Einflussfaktoren	87
3.3.2	Wirkung naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Sekundarstufe	93
3.4	Verständnis der Evolution – (Fehl-)Vorstellungen, Einflussfaktoren und Wirkung naturwissenschaftlichen Unterrichts	100
3.4.1	Fehlvorstellungen zur Evolution	100
3.4.2	Einflussgrößen	102
3.4.3	Wirkung naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Sekundarstufe	104
3.5	Fazit	104
4	DAS VERHÄLTNISS VON RELIGION UND NATURWISSENSCHAFT ALS ASPEKT VON <i>NATURE OF SCIENCE</i>	106
4.1	Typologien zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft	107
4.2	Positionen zum Verhältnis von Schöpfung und Evolution	110
4.3	Kreationismus und Szientismus – Die Konfliktperspektive als Ausdruck eines mangelnden Verständnisses von <i>nature of science</i>	115
4.4	Positionierung von Schule und Lehrpersonen	119
4.5	Thematisierung des Verhältnisses von Religion und Naturwissenschaft im Unterricht	121
4.6	Fazit	127
5	SYNTHESE: DER BEITRAG PHILOSOPHISCHER GESPRÄCHE IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN (EVOLUTIONS-) UNTERRICHT	129
5.1	Die Förderung der (ethischen) Urteilskompetenz	129
5.2	Die Förderung von <i>nature of science</i>	131
5.3	Die Förderung der Akzeptanz und des Verständnisses der Evolution	132
6	FRAGESTELLUNG UND DESIGN DER STUDIE	135
6.1	Forschungsfragen und Hypothesen	136
6.2	Design der Interventionsstudie	138
7	KONZEPTION DER UNTERRICHTSEINHEIT ZUR EVOLUTION	140
7.1	Konzeption der fachlichen Inhalte	140
7.2	Konzeption der philosophischen Gespräche	143
7.2.1	Kontext der philosophischen Fragen	143
7.2.2	Aufbereitung der philosophischen Gespräche für die Unterrichtseinheit	146

8	ERHEBUNG UND AUSWERTUNG	147
8.1	Untersuchungszeitraum und Stichprobe.....	147
8.2	Erhebungsinstrumente	148
8.2.1	Fragebogen und Test.....	148
8.2.2	Hoch inferentes Verfahren zur Beurteilung der Qualität der philosophischen Gespräche.....	162
8.3	Datenanalyse und Auswertung.....	168
8.3.1	t-Test für abhängige Stichproben.....	171
8.3.2	Explorative Faktorenanalyse.....	171
8.3.3	Konfirmatorische Faktorenanalyse und Strukturgleichungsmodelle.....	172
8.3.4	Latent Change Score Modelle (LCSM)	173
8.3.5	Mehrebenen-Regressionsmodelle	175
9	ERGEBNISSE	176
9.1	Deskriptive Statistik und Korrelationen	176
9.1.1	Schüler*innen	176
9.1.2	Lehrpersonen.....	186
9.1.3	Qualität der philosophischen Gespräche.....	187
9.2	Einfluss der Intervention	188
9.3	Forschungsfrage 1: Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Konstrukten	192
9.3.1	Zusammenhänge zum Zeitpunkt des Posttests	193
9.3.2	Zusammenhänge zum Zeitpunkt des Prätests	208
9.3.3	Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung im Posttest	210
9.3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	214
9.4	Forschungsfrage 2: Zusammenhang verschiedener Konstrukte mit der Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft	218
9.4.1	Deskriptive Auswertung	219
9.4.2	Zusammenfassung der Ergebnisse	221
9.5	Forschungsfrage 3: Zusammenhänge in den Veränderungen der Konstrukte	223
9.5.1	Latent Change Score Modelle zur Veränderung der Konstrukte	223
9.5.2	Zusammenfassung der Ergebnisse	235
9.6	Forschungsfrage 4: Einfluss der philosophischen Gespräche auf die Veränderung der Konstrukte	237
9.6.1	Latent Change Score Modelle zum Einfluss der Gruppenzugehörigkeit.....	238
9.6.2	Latent Change Score Modelle zum Einfluss der Qualität der philosophischen Gespräche.....	241
9.6.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	246
9.7	Ergänzende Analysen in der Philosophiegruppe.....	248

10 DISKUSSION	252
10.1 Die Qualität der philosophischen Gespräche	252
10.2 Einflussfaktoren für das Verständnis und die Akzeptanz der Evolution	254
10.3 Der Einfluss philosophischer Gespräche auf die Entwicklung epistemologischer Überzeugungen	258
10.4 Der Einfluss philosophischer Gespräche auf die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution	260
10.5 Fazit	266
11 LIMITATIONEN	268
12 AUSBLICK	271
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	273
TABELLENVERZEICHNIS	278
LITERATURVERZEICHNIS	282
ANHANG	316

Einleitung

Begriffe wie *Fake News* oder alternative Fakten sind seit einigen Jahren in aller Munde. Die Beurteilung von Fakten scheint – verstärkt durch das Aufkommen von Social Media – immer anspruchsvoller zu werden. Neben der gezielten Desinformation wird zunehmend eine Verrohung des öffentlichen Diskurses beklagt. Kritisiert wird eine Polarisierung der Gesellschaft, in welcher Personen immer seltener miteinander in einen konstruktiven Dialog treten. Die Gesprächsform des Philosophierens mit Kindern, welche im schweizerischen Bildungskontext – unter anderem aufgrund der Einführung des Faches Ethik, Religionen, Gemeinschaft im Zuge des Lehrplans 21 – an Popularität gewinnt, stellt ein Gegenpol zu diesen gesellschaftlichen Entwicklungen dar. In philosophischen Gesprächen sollen Kinder und Jugendliche lernen, Argumente abzuwägen, bestehende Antworten zu hinterfragen und kritisch zu denken. Dies geschieht nicht durch ein Diskutieren *gegeneinander*, vielmehr steht die gemeinsame Denkarbeit, die ko-konstruktive Erkenntnis im Fokus. Der Fähigkeit, aktiv zuzuhören und sich in sein Gegenüber einzufühlen, kommt dabei eine entscheidende Rolle zu. Kritisches Denken allein reicht jedoch nicht aus, um Fakten in einer (natur-)wissenschaftsbasierten Gesellschaft einschätzen zu können, wie dies Untersuchungen im Themenbereich der Evolution beispielhaft zeigen. Es braucht Kenntnis darüber, wie naturwissenschaftliches Wissen zustande kommt, welchen Status es aufweist, wie Naturwissenschaftler*innen arbeiten und wie neue Erkenntnisse publik werden. Diese Aspekte können unter dem Begriff *nature of science* (abgekürzt: NOS) subsumiert werden, welcher in der Naturwissenschaftsdidaktik an Bedeutung gewinnt. Bisherige Studienergebnisse zeigen jedoch, dass Schüler*innen häufig keine adäquaten Vorstellungen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung aufweisen.

In dieser Arbeit soll – vor dem Hintergrund der dargestellten aktuellen Problematik – das Potenzial philosophischer Gespräche im naturwissenschaftlichen Unterricht ausgelotet werden. Bisherige Studienergebnisse zeigen, dass das Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen positive Effekte auf die kognitive, sprachliche, emotionale und soziale Entwicklung von Schüler*innen ausüben kann. Die Bedeutung philosophischer Gespräche für den Fachunterricht wurde bislang kaum untersucht. Die vorliegende Arbeit widmet sich deshalb diesem bisher vernachlässigten Forschungsdesiderat und untersucht den Einfluss philosophischer Gespräche auf die

Akzeptanz und das Verständnis der Evolution sowie das Verständnis von *nature of science*. Der Themenbereich der Evolution bietet sich dabei aufgrund zahlreicher Anknüpfungspunkte – insbesondere im Kontext von *nature of science* – an. Die Vermittlung adäquater Vorstellungen zur Evolution sowie die Akzeptanz derselben erweisen sich im Unterricht als grosse Herausforderung. Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass das Verständnis von *nature of science* – dazu gehört auch das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft – ein entscheidender Faktor darstellt.

Diese Arbeit versucht in einem ersten theoretischen Teil aufzuzeigen, welche Rolle philosophische Gespräche in der Förderung des Verständnisses von *nature of science* sowie der Akzeptanz und dem Verständnis der Evolution einnehmen können. Das darin enthaltende Kapitel 1 gibt einen Überblick über die Bedeutung der Philosophie in der Schule und widmet sich in Kapitel 2 dem Konzept *nature of science*. Das Kapitel 3 beschäftigt sich mit dem Evolutionsunterricht in der Schule, während in Kapitel 4 das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft sowie dessen Relevanz für die Thematik beleuchtet wird. In Kapitel 5 folgt schliesslich eine Synthese aller Perspektiven, indem das Potenzial philosophischer Gespräche im (Evolutions-)Unterricht dargestellt wird. Der zweite empirische Teil der Arbeit beschreibt die Interventionsstudie, welche an Schweizer Sekundarschulen durchgeführt wurde. In Kapitel 6 werden die Fragestellungen und Hypothesen dargelegt, gefolgt von der Beschreibung der Konzeption der Unterrichtseinheit in Kapitel 7. Kapitel 8 thematisiert die Erhebung und Auswertung der Daten, bevor in Kapitel 9 die Ergebnisse präsentiert werden. Die Arbeit schliesst mit der Diskussion der Ergebnisse in Kapitel 10 sowie Ausführungen zu Limitationen in Kapitel 11 und einem Ausblick in Kapitel 12.

1 Philosophieren in der Schule

Philosophie ist kein selbstverständlicher Bestandteil des Volksschulunterrichts in der Schweiz wie Mathematik, Deutsch, Geografie oder Fremdsprachen, so dass die Mehrzahl der Bevölkerung in der Schulzeit nicht damit in Kontakt gekommen sein dürfte. Während Religionsunterricht – in unterschiedlichen Formen und Ausprägungen – seit jeher einen Platz in der Schule beanspruchte, fristete die Philosophie ein Schattendasein. Dies könnte oder vielmehr sollte sich nun mit Einführung des Lehrplans 21 ändern, da der Fachbereich Natur, Mensch, Gesellschaft durch die Perspektive Ethik, Religionen, Gemeinschaft ergänzt wird. Obschon lediglich das Teilgebiet der Ethik im Namen des Faches genannt wird, werden auch Fragen aus anderen Disziplinen der Philosophie thematisiert (Deutscheschweizer Erziehungsdirektorenkonferenz [D-EDK], 2016).

Dieses Kapitel rekonstruiert das didaktische Verständnis von Philosophie in der Volksschule. Dazu wird zuerst der Frage nachgegangen, inwieweit Kinder die Fähigkeit zur Teilnahme an philosophischen Gesprächen besitzen und welche Gründe sich in der Literatur für eine Integration dieser Tätigkeit in den Schulunterricht finden. In einem weiteren Teil werden bekannte und etablierte philosophische Denk- und Unterrichtsmethoden – insbesondere der Unterrichtsansatz des Philosophierens mit Kindern – näher beleuchtet, bevor empirische Untersuchungen zu Wirkungen philosophischer Gespräche mit Kindern und Jugendlichen dargestellt werden. Abschliessend wird das Potenzial philosophischer Gespräche in den Fächern erörtert.

1.1 Können Kinder philosophieren?

Der Begriff Philosophie stammt aus dem Griechischen und bedeutet wörtlich übersetzt 'Liebe zur Weisheit'. König (2013) bezeichnet die Philosophie als «ein über viele Generationen hinwegreichendes Gespräch» (S. 9), welches sich mit existenziellen Fragen der Menschheit beschäftigt. Der Fokus liegt dabei nicht auf dem Finden von endgültigen Antworten, sondern vielmehr auf der Suche danach. Philosophische Fragen setzen sich mit fundamentalen Themen auseinander, die nicht eindeutig beantwortbar und daher häufig umstritten sind sowie auf die Essenz eines Phänomens zielen (Brüning, 2003; Haynes, 2008; Krüger & Schick, 2012). Kant ordnete die Philosophie inhaltlich mithilfe von vier Fragen (Kant, 2011), auf welche

im Kontext des Philosophierens mit Kindern – so auch in dieser Untersuchung – häufig Bezug genommen wird:

- Was kann ich wissen? (Erkenntnistheorie)
- Was soll ich tun? (Ethik)
- Was darf ich hoffen? (Religions- und Gesellschaftsphilosophie)
- Was ist der Mensch? (Anthropologie)

Diese Einteilung hat sich im Umgang mit Lehrpersonen und Unterricht bewährt, da sie einfach zugänglich und gut nachvollziehbar ist. In der akademischen Disziplin ist die Einteilung heute differenzierter. Die Philosophie lässt sich in die theoretische und praktische Philosophie sowie die Philosophiegeschichte unterteilen. Die praktische Philosophie widmet sich Fragen des Handelns und der Lebensgestaltung – es geht also darum, was sein *soll*. Die theoretische Philosophie beschäftigt sich mit Fragen nach der Welt und der Erkenntnis der Welt – im Fokus steht folglich, was *ist*. Zur praktischen Philosophie gehören Disziplinen wie die Ethik, die Rechtsphilosophie oder die politische Philosophie. Logik, Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie, Metaphysik oder Sprachphilosophie stellen Disziplinen der theoretischen Philosophie dar (Honnfelder & Krieger, 1994; König, 2013; Wuchterl, 2000).

Philosophie wird in der Regel mit grossen Denkern und schwer zugänglichen Texten in Verbindung gebracht, obschon man sich der Philosophie auf ganz verschiedene Arten nähern kann. Fisher (2009) unterscheidet zwischen formeller und informeller Philosophie, wobei erstere sich auf die akademische Disziplin bezieht, welche sich mit der philosophischen Tradition beschäftigt. Brüning (2003) bezeichnet diese als wissenschaftliche Philosophie, Fachphilosophie oder auch Esoterik; für die informelle Philosophie verwendet sie die Begriffe Alltagsphilosophie und Exoterik. Diese beinhaltet Diskussionen über philosophische Fragen ohne den zwingenden Rückgriff auf die Inhalte der formellen Philosophie. Martens (2010) differenziert das natürliche, elementare und akademische Philosophieren. Das natürliche Philosophieren findet sich bereits im Kindesalter und ist durch Fragen nach dem Warum und Wozu geprägt. Das elementare Philosophieren impliziert eine sorgfältige Reflexion von Phänomenen und Inhalten, während das akademische Philosophieren sich explizit klassischen Texten widmet und im Dialog mit diesen steht. Die unterschiedlichen Zugänge der Philosophie sollten nach Martens (2010) nicht

gegeneinander ausgespielt werden, da sie ihre spezifische Berechtigung aufweisen. Der Philosoph betont, dass alle genannten Arten 'richtige' Philosophie und die Übergänge fließend seien. Unter Philosophie wird zudem nicht die Anhäufung von Wissen verstanden, sondern eher eine Tätigkeit, die bestimmte Kompetenzen erfordert (König, 2013; Martens, 2003). Der Begriff des Philosophierens in dieser Arbeit stützt sich auf diese zweite Zugangsweise zu Philosophie und stellt die Tätigkeit des Philosophierens als dialogische Praxis ins Zentrum. Inwiefern diese Art des Philosophierens den Bedürfnissen und Fähigkeiten von Kindern gerecht wird, war und ist jedoch ebenfalls umstritten. Bereits Platon, Locke oder Kant betrachteten das Philosophieren in jungem Alter als sinnlos oder gar schädlich. Sie befürchteten, junge Menschen könnten sich primär für die Freude an Argumentation und Diskussion begeistern, statt für die Suche nach Wahrheit und seien noch nicht reif, ihre Vernunft adäquat einzusetzen (Jehle, 2013). Weitere Kritik liegt im Zweifel an den benötigten kognitiven Fähigkeiten von Kindern begründet, welche eine Voraussetzung für das Philosophieren darstellen. Die Skepsis beruht dabei auf den Experimenten und Aussagen des Entwicklungspsychologen Jean Piaget, welche implizieren, dass Kinder unter zwölf Jahren nur zu konkretem Denken fähig und abstrakte Konzepte sowie logisches Denken für sie somit nicht erfassbar und möglich seien (Lipman, 2009; Piaget, 2016). Die Art seiner Experimente sowie deren Interpretation wurde in den letzten Jahrzehnten zunehmend hinterfragt (Baack, 2008; Murriss, 2008). Neuere Untersuchungen zeigen, dass Kinder – wenn Versuchsreihen kindgerecht aufgebaut werden – das geforderte Denkvermögen erbringen können (Gosvāmī, 2001). Zugleich bieten Erfahrungen aus der Praxis des Philosophierens Evidenz dafür, dass Kinder bereits in einem jüngeren Alter zur Auseinandersetzung mit philosophischen Fragen fähig sind (Brüning, 2015; Lam, 2009; McCall, 2013; Murriss, 2000). Nida-Rümelin und Weidenfeld (2014) erläutern diese Problematik anhand einer anschaulichen Analogie: Muttersprachler*innen beherrschen die grammatikalischen Regeln ihrer Sprache, auch wenn diese zumeist nicht bewusst zugänglich und somit nicht explizit formulierbar sind. Kinder sind entsprechend in der Lage, logische Regeln anzuwenden, ohne diese explizit äussern zu können. Nach Lam (2009) besitzen Kinder eine angeborene Disposition und ein grosses Potenzial zu philosophieren. Fisher (2009) schreibt dazu: «All children have a propensity for philosophical thinking, for asking probing questions and experimenting with ideas and possible solutions» (S. 101).

Trotz vereinzelt kritischer Stimmen wird Kindern und Jugendlichen von vielen Philosoph*innen und Praktiker*innen eine Fähigkeit für philosophische Gespräche und ein Interesse an ebensolchen attestiert. Dabei scheint wichtig, philosophische Themen – wie dies im Sinne der Alltagsphilosophie nach Brüning (2013) geschieht – mit lebensweltlichen Erfahrungen zu verknüpfen, so dass diese für Kinder und Jugendliche anschlussfähig sind.

1.2 Wozu Philosophieren in der Schule?

«A first reason to teach philosophy to precollege students is that they have a real interest in philosophical questions and deserve the opportunity to discuss them in a classroom setting» (Goering, Shudak & Wartenberg, 2013, S. 3). Philosophieren mag eine spannende Tätigkeit sein – auch für Kinder und Jugendliche – aber dies allein scheint kaum auszureichen, um die Aufnahme in offizielle Lehrpläne zu rechtfertigen. Wozu sollte Philosophie also ein Bestandteil unseres Schulunterrichtes sein?

Die Notwendigkeit von philosophischen Gesprächen mit Kindern kann – so Jehle (2013) – anthropologisch begründet werden. In diesem Sinne verfügen bereits Kinder über die Fähigkeit des Philosophierens und sind intrinsisch motiviert, diese anzuwenden. Dieser eigene Antrieb zeigt sich in der Neugierde von Kindern, in ihrer Fähigkeit zu staunen und in ihrem Bedürfnis, die Welt zu verstehen. Das Philosophieren als Charakteristikum der menschlichen Existenz wird von der Autorin gar als ‘geistigen Trieb’ beschrieben. Martens (2003) bezeichnet das Philosophieren als eine elementare Kulturtechnik – ein Begriff, der üblicherweise Fertigkeiten wie dem Rechnen, Lesen oder Schreiben vorbehalten ist – und betont damit zusätzlich die Erlernbarkeit und die Möglichkeit zur Kultivierung. Seiner Meinung nach ist das Philosophieren ein inhärentes Merkmal der Spezies Mensch und in der griechisch-europäischen Kultur sowie der modernen, durch Reflexion gekennzeichneten Demokratie tief verankert. Weiter ist sie Ausdruck eines sinnvollen Lebens und nicht angeboren, sondern erlernbar. Von einer Technik kann – analog zu einer Handwerkskunst – gesprochen werden, da sich das Philosophieren nicht auf die mechanische Anwendung von einzelnen Aspekten beschränken lässt, sondern auf Geschick und Sensibilität angewiesen ist. Elementar ist die Philosophie in dreifacher Art und Weise: Sie ist unabdingbar für ein selbstbestimmtes Leben, von jeder

Person ausübbar und Grundlage unseres Denkens. Eine Funktion des Bildungswesens besteht nach Jehle (2013) in der Tradierung des kulturellen Erbes, zu welchem das Philosophieren gezählt werden kann, so dass der Philosophie einen Platz in der Schule zugestanden werden sollte.

Neben der anthropologischen existiert nach Jehle (2013) eine gesellschaftliche Perspektive auf die eingangs erwähnte Frage. In dieser wird die Philosophie im Sinne Adornos primär als kritische Philosophie wahrgenommen, deren Aufgabe es ist, die gängigen Werte, Normen und Narrative in Frage zu stellen. Kindern wird dabei eine besondere Fähigkeit zur Philosophie attestiert, da diese noch nicht von Bildungswesen und Gesellschaft insgesamt korrumpiert wurden (Jehle, 2013). Die Schule sollte neben der Reproduktion und Weitergabe von kulturellen Vorstellungen auch eine emanzipatorische Funktion wahrnehmen und Kinder und Jugendliche zu kritischen Wesen bilden; das Philosophieren kann dazu einen wichtigen Beitrag leisten.

Das Philosophieren kann – neben der Befriedigung des erwähnten ‘geistigen Triebes’ und der Kritik an gesellschaftlichen Zuständen – sowohl der Gesellschaft als auch dem Individuum direkten Nutzen stiften. Während die anthropologische Begründung nicht den unmittelbaren, messbaren Nutzen fokussiert und durch Zweckfreiheit gekennzeichnet ist, kann das Philosophieren durchaus die Erreichung konkreter Ziele unterstützen (Jehle, 2013). In der Literatur finden sich zahlreiche personale, soziale und methodische Kompetenzen, welche durch das Philosophieren gefördert werden sollen. Diese erlernbaren Fähigkeiten und Fertigkeiten leisten – gemäss verschiedener Autor*innen – einerseits einen Beitrag zu Autonomie und Glück jedes einzelnen (Martens, 2010, 2012; Michalik, 2013a) und ermöglichen andererseits das Funktionieren einer demokratischen Gesellschaft (García-Moriyón, 2009; Martens, 2012). Die Aufgabe der Schule besteht – neben der Vermittlung von fachlichen Inhalten – in der Förderung verschiedener überfachlicher Kompetenzen, welche durch das Philosophieren erlernt werden können. Die Kompetenzen, welche gemäss Literatur durch philosophische Gespräche eingeübt werden können, werden im Kapitel 1.7.4 näher erläutert.

In einer komplexen Welt, in welcher die Selbstverständlichkeit traditioneller Werte und Normen infrage gestellt wird, kann die Philosophie – so Burroughs (2013) – eine Orientierungshilfe darstellen. Religion, Tradition sowie der Glaube an einen

unaufhaltsamen Fortschritt verlieren an Orientierungskraft, so dass ein Nachdenken darüber, was wir wissen können, was wir tun sollen oder wie wir leben wollen an Bedeutung gewinnt (Martens, 2003). Die Schule kann somit in einer pluralistischen Gesellschaft keine religiösen Gewissheiten mehr vermitteln; sie kann jedoch Kinder und Jugendliche durch philosophische Tätigkeiten dazu anregen, nachzudenken und in einen konstruktiven Austausch zu treten.

Die Integration der Philosophie in den Schulunterricht wird damit legitimiert, dass die ihr zugrunde liegenden Fragen ein inhärentes menschliches Merkmal darstellen und diese folglich einem inneren menschlichen Bedürfnis entspricht. Weiter wird in der Literatur das Argument ausgeführt, die Tätigkeit des Philosophierens unterstütze die Ausbildung von verschiedenen Kompetenzen, welche für ein autonomes, erfolgreiches Leben sowie ein funktionierendes, demokratisches System unabdingbar seien. Betont wird darüber hinaus die Bedeutung der Philosophie als Orientierungshilfe, welche Kindern und Jugendlichen das Zurechtfinden in einer beschleunigten und zunehmend komplexen Welt erleichtert.

1.3 Philosophische Denk- und Unterrichtsmethoden

Was philosophische Fragen konstituiert, wurde im Kapitel 1.1 bereits angedeutet. Der bloße Austausch von Meinungen zu solchen Fragen führt jedoch noch nicht zu einem philosophischen Gespräch. Hand (2009) schreibt dazu: «It is a matter of *answering* a question of a particular kind *by means of appropriate methods of investigation*» (S. 5). Der philosophische Diskurs beruht demnach auf bestimmten Methoden, die ihn deutlich von alltäglichen Gesprächen unterscheiden. Martens (2003) formuliert: «Was dabei das philosophische vom alltäglichen Denken unterscheidet, ist der reflektierte Gebrauch einer umfassenden Methodenkompetenz, die sich durch Übung und inhaltliche Kenntnisse von Einzelverfahren und Deutungsmustern graduell lernen und verbessern lässt» (S. 55). Martens (2003, 2004, 2012) selbst definierte – ausgehend von einer Aufarbeitung der philosophischen Praxis von Sokrates und Aristoteles – fünf solcher Denkmethoden und bezeichnet ihre Kenntnis und die Fähigkeit zur Anwendung als philosophische Reflexionskompetenz; in der Literatur wird vielfach vom sogenannten Fünf-Finger-Modell gesprochen. Die *phänomenologische Methode* beinhaltet das differenzierte Wahrnehmen

und Beschreiben eines Sachverhaltes, einer Erscheinung. Die *hermeneutische Methode* meint die Fähigkeit, Texte – aber auch Aussagen von Personen – verstehen und interpretieren zu können. Mit Hilfe der *analytischen Methode* werden Begriffe und Argumente zerlegt und ergründet. Die kritische Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Sichtweisen im Dialog spiegelt sich in der *dialektischen Methode*. Die *spekulative Methode* schliesslich zielt auf kreative und überraschende Einfälle. Die fünf Denkmethoden sind nicht eindeutig voneinander zu trennen, müssen nicht in einer spezifischen Reihenfolge in den Unterricht integriert werden und können in unterschiedlichen Methoden zur Anwendung kommen (Martens, 2003). Nach Brüning (2003) stellen die Begriffsanalyse, die Argumentation, das sokratische Gespräch, das Gedankenexperiment, die Textinterpretation, das kreative Schreiben sowie das theatrale Philosophieren die wichtigsten dieser Unterrichtsmethoden dar. Für die Durchführung von philosophischen Gesprächen erweisen sich die ersten vier Methoden als besonders wichtig, weshalb diese genauer erläutert werden.

Die Begriffsanalyse möchte die Bedeutung von Wörtern, welche im Alltag unhinterfragt verwendet werden, ausleuchten und klären. Dies ist nötig, damit bei der Beantwortung einer philosophischen Frage ein begrifflicher Konsens besteht. Für eine Begriffsanalyse im schulischen Umfeld finden sich für jede Schulstufe zahlreiche Umsetzungsmöglichkeiten. Verbreitet sind die Suche von Modellfällen und Gegenbegriffen, etymologische Untersuchungen oder die Beschäftigung mit Grenzfällen (Brüning, 2003; Cam & Beck, 1996).

Die Kunst der Argumentation ist ein wichtiger Bestandteil der Philosophie. Diese kennt zwar keine abschliessenden Antworten, wohl aber bessere und überzeugendere Argumente. Recht hat also, wer widerspruchsfrei, lückenlos und logisch begründen kann. In der Literatur finden sich unterschiedliche Formen der Argumentationsanalyse – besonders häufig wird das Argumentationsmodell von Toulmin (Toulmin, 2008; Uhlenwinkel, 2015) eingesetzt. Für die Verwendung in der Volksschule ist dieses allerdings eher komplex, so dass der Fokus auf eine Begründung von Aussagen und das Hinterfragen von Prämissen gelegt werden sollte.

Das sokratische Gespräch gründet auf den philosophischen Diskussionen des antiken Philosophen Sokrates auf dem Athener Marktplatz, welchen alltägliche Erfahrungen und Fragen zugrunde lagen. Sokrates stellte sich dabei zunächst unwissend

und versuchte anschliessend, mit gezielten Fragen Widersprüche aufzudecken und seinem Gegenüber zu neuen Einsichten zu verhelfen (de Boer, 2015). Die Fähigkeit, einem Gesprächspartner mit gut gewählten Fragen neue Erkenntnisse zu ermöglichen, wird als Mäeutik – Hebammenkunst – bezeichnet (Albers, 2016). Da Sokrates dabei auch Suggestivfragen verwendete und sein Gegenüber verspottete, lässt sich diese Gesprächsform nur bedingt auf die Schule übertragen. Das sokratische Gespräch wurde deshalb weiterentwickelt; im Zentrum stand nun der Dialog von selbstdenkenden Schüler*innen, welcher von der Gesprächsleitung in zurückhaltender Art und Weise moderiert wird (Blesenkemper, 2016). Das Philosophieren mit Kindern nach Matthew Lipman (vgl. Kapitel 1.4) kann als eine Form des sokratischen Gesprächs aufgefasst werden.

Gedankenexperimente lassen uns Selbstverständliches in einem neuen Licht betrachten, so dass irritierende und befragungswürdige Elemente zu Tage treten, welche ohne einen ungewöhnlichen Kontext verborgen geblieben wären. Auf diese Weise können sie Annahmen und Theorien bestätigen, einen Sachverhalt verdeutlichen oder eine neue Perspektive oder Lösung ermöglichen (Brüning, 2003).

Philosophische Inhalte und Denkmethoden können im Unterricht auf unterschiedliche Art und Weise thematisiert und erlernt werden. Diese Arbeit und Untersuchung fokussiert das Philosophieren mit Kindern als philosophische Gesprächsform, weshalb die nächsten Kapitel diesen Unterrichtsansatz näher beleuchten.

1.4 Der Unterrichtsansatz des Philosophierens mit Kindern

Philosophische Gespräche mit Kindern und Jugendlichen haben in verschiedenen Ländern weltweit Eingang in den Schulalltag gefunden. Das Fundament für diesen Erfolg legte der Hochschuldozent Matthew Lipman, welcher bereits in den 1960er Jahren die unzureichende Vorstellung, welche die Institution Schule von Lernen und Informationsaufnahme vermittelte, kritisierte: «The greatest disappointment of traditional education has been its failure to produce people approximating the ideal of reasonableness» (Lipman, 1988, S. 18). Seiner Meinung nach bestand ein wichtiges Ziel darin, den Kindern und Jugendlichen das vernünftige Denken zu lehren und sie dafür mit den nötigen Werkzeugen auszurüsten (Lipman, 1988). Lipman betrachtete das Philosophieren als ideale Methode, um dieses Anliegen umzusetzen und startete das *Philosophy for Children* (P4C) Programm. Er verfasste Romane,

welche Kinder zu philosophischen Gesprächen anregen sollten und bemühte sich um die Verbreitung des Unterrichtsansatzes. Dieser wurde im Laufe der letzten Jahrzehnte von verschiedenen Autor*innen für den jeweiligen Bildungskontext angepasst und weiterentwickelt. In Deutschland und der Schweiz erwiesen sich Ekkehard Martens (1999), Barbara Brüning (2015), Kerstin Michalik (2013b) und Eva Zoller (2015) als bedeutende Personen in der weiteren Ausgestaltung des Philosophierens mit Kindern. Im englischsprachigen Raum trugen Gareth Matthews (1982) und Thomas Jackson (2013) viel zur Etablierung und Ausformung des Unterrichtsansatzes bei. Die grundlegenden Ziele und Konzepte des Philosophierens blieben dabei jedoch erhalten: Kinder und Jugendliche ergründen gemeinsam philosophische Fragen und erweitern ihre Erkenntnisse in einem ko-konstruktiven Prozess unter Anwendung der philosophischen Denkmethoden (Haynes, 2008). Die philosophischen Gespräche in der Tradition Lipmans finden in einer sogenannten *community of inquiry* statt, welche auf John Charles Pierce und John Dewey zurückgeht (Haynes, 2008). «Such a community is a group of people who are willing to inquire together about issues that are of mutual interest in a collaborative, non-competitive fashion, and in the process foster their own capabilities for creative, critical, and caring thinking and good judgement making» (Sharp, 2009b, S. 301). Studien zeigen, dass die Formung einer solchen Gemeinschaft ein langwieriger Prozess darstellt, welcher in manchen Klassen bis zu sieben Monate beansprucht (Daniel, 2008).

Philosophische Gespräche umfassen in der Regel drei Phasen: eine Vorbereitungsphase, das eigentliche Gespräch sowie ein Metagespräch, also eine Reflexion der zweiten Phase (Helbling, 2018). Ein wichtiger Aspekt der Vorbereitungsphase stellt die Definition der Gesprächsregeln sowie die Kommunikation der zugrunde liegenden philosophischen Frage dar. Im ursprünglichen Ansatz von Lipman wird diese Frage nicht vorgegeben, sondern von den Kindern aufgrund eines zuvor präsentierten Stimulus – beispielsweise eines gemeinsam gelesenen Textes – gewählt. Das Philosophieren als Unterrichtsprinzip nach Michalik (2013a) stellt ebenfalls die Fragen der Kinder, welche sich – häufig spontan – aufgrund eines fachlichen Inhaltes ergeben, in den Mittelpunkt. Unabhängig davon, ob eine philosophische Frage von Kindern oder Jugendlichen selbst formuliert oder von der Lehrperson eingebracht wurde, wird diese anschliessend im philosophischen Gespräch diskutiert.

Haynes (2008) beschreibt das Ziel dieser zweiten Phase folgendermassen: «The point is to move beyond a simple ‘airing’ of different opinions and experiences in the group to a shared dialogue concerning the key concepts embodied in the question, as to generate new meaning and understanding» (S. 37). Das Ziel philosophischer Gespräche liegt folglich nicht im blossen Austausch von eigenen Ansichten und Erfahrungen; vielmehr sollen die geäusserten individuellen Gedanken und Ideen diskutiert und verknüpft werden, so dass neue, gemeinsame Erkenntnisse entstehen. Auch wenn es keine eindeutigen Antworten geben kann, soll das Gespräch inhaltlich fortschreiten, wie dies Jackson (2013) ausdrückt: «Although we aren’t in a rush to get anywhere, we *do* have an expectation that we will get *somewhere*» (S. 104). In Gruppen, welche wenig Erfahrung mit philosophischen Gesprächen aufweisen, nimmt die Gesprächsleitung eine zentrale Rolle ein. Durch gezielte und anregende Fragen oder Zusammenfassungen animiert sie die Schüler*innen, ihre Meinungen zu begründen, Widersprüche zu erkennen, Begriffe zu definieren, Zusammenhänge oder Unterschiede zu formulieren, Hypothesen zu bilden und das Gespräch so gemeinsam weiterzuentwickeln (Krüger & Schick, 2012). Die anspruchsvolle Aufgabe der Lehrperson, welche für ein gelungenes Gespräch essenziell ist, wird im Kapitel 1.5 näher ausgeführt. In der dritten Phase, dem Metagespräch, werden Inhalt und Prozess des Dialoges sowie die Gesprächskultur gemeinsam reflektiert (Jackson, 2013).

1.5 Gelungene philosophische Gespräche und die Rolle der Lehrperson

Das Gelingen eines philosophischen Gespräches hängt von vielen interdependenten Faktoren ab und ist zugleich schwer zu erfassen. Es lässt sich nur indirekt beurteilen, was in den Köpfen der Schüler*innen passiert, inwieweit diese kognitiv aktiviert sind oder neue Erkenntnisse gewinnen konnten. Die (Sprech-)Handlungen, welche auf der Oberflächenstruktur des Unterrichts stattfinden, lassen jedoch Rückschlüsse auf die Qualität der Denkprozesse sowie des gesamten Gesprächs zu. Ein qualitativvolles Gespräch ergibt sich – insbesondere in unerfahrenen Schulklassen – aus einem komplexen Zusammenspiel von Äusserungen der Schüler*innen als auch der Lehrperson. So kann die Lehrperson die Gesprächsführung noch so kompetent ausüben – ohne vielfältige, substanzielle Beiträge seitens der Lernenden wird kein fruchtbares Gespräch zustande kommen. Umgekehrt ist ein gelungenes Gespräch

mit aktiven Schüler*innen und einer Lehrperson, welche unzureichend agiert, ebenfalls nicht denkbar.

Wie bereits in Kapitel 1.3 ausgeführt, unterscheiden sich philosophische Gespräche von Alltagsgesprächen durch die Anwendung bestimmter Methoden, welche eine philosophische Reflexion ermöglichen. Im Gespräch sollen Phänomen und Situationen genau wahrgenommen und beschrieben (Phänomenologische Methode), Begriffe analysiert und Argumente geäußert und überprüft (Analytische Methode), Argumente im gemeinsamen Austausch abgewogen (Diskursive Methode), andere Perspektiven nachvollzogen und verstanden (Hermeneutische Methode) sowie Hypothesen formuliert und kreative Einfälle geäußert (Spekulative Methode) werden (Martens, 2003). Die Lehrperson fördert die philosophische Reflexion – wenn nötig – mithilfe gezielter Fragen und Äußerungen, welche das Denken der Kinder anregen und unterstützen. Die Tabelle 1 stellt solche zentralen Hebammenfragen dar (Cam & Beck, 1996; Haynes, 2008; Krüger & Schick, 2012; Michalik, 2016):

Tabelle 1: *Hebammenfragen im philosophischen Gespräch*

Sachverhalte beschreiben und Begriffe klären	<ul style="list-style-type: none"> • Kannst du das erklären? Was meinst du damit? • Was verstehst du unter diesem Begriff? In welchen Situationen verwendest du ihn? • Kannst du ein Beispiel nennen? • Ist x das gleiche wie y? • Kannst du die Situation genauer beschreiben? • Kannst du erklären, was Person x damit gemeint hat?
Unterschiede und Ähnlichkeiten herausarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Was sind Merkmale von x und y? • Wie passen diese Aussagen zusammen? Was ist ähnlich? Was ist unterschiedlich? • Was ist der Unterschied zwischen x und y? • Worin gleichen sich x und y?
Meinungen begründen und Wertungen reflektieren	<ul style="list-style-type: none"> • Kannst du einen Grund nennen? Wie würdest du das begründen? • Woher weißt du das? • Kannst du ein Beispiel nennen? • Gibt es ein Gegenbeispiel? • Ist das ein guter Grund? • Gibt es Gründe, die dagegensprechen? • Stimmt du der Aussage zu?
Hypothesen erstellen und Folgen überlegen (Gedankenexperimente)	<ul style="list-style-type: none"> • Was wäre, wenn ...? • Was könnte man machen, damit ...? • Gilt das auch für die Situation x? • Hat jemand eine andere Idee?

In philosophischen Gesprächen ist die Art des Diskurses für den Erfolg entscheidend. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, findet in einer *community of inquiry* explizit kein argumentativer Disput statt; vielmehr soll die Gruppe in einem kollaborativen ko-konstruktiven Prozess neue Erkenntnisse gewinnen. Ko-konstruktiv bedeutet, dass sich Schüler*innen in ihren Aussagen auf vorherige Äusserungen beziehen, diese wiederholen, umformulieren, ergänzen, in Frage stellen oder kontrastieren und unklare Wortmeldungen durch (Nach-)Fragen geklärt werden (Cam & Beck, 1996; Daniel et al., 2005; Fisher, 2007; Kennedy, 2013; Michalik, 2016; Zoller, 2015). Die Ko-Konstruktion zeigt sich weiter darin, dass Konsense, Dis-sense und Fortschritte im Gespräch explizit formuliert und neue, gemeinsame Erkenntnisse erlangt werden (Brüning, 2003, 2013; Cam & Beck, 1996; Daniel et al., 2005; de Boer, 2015; Jackson, 2013; Michalik, 2004a, 2016). Die Lehrperson kann die Ko-Konstruktion durch verschiedene Moderationsfragen und Äusserungen, welche in Tabelle 2 dargelegt werden, unterstützen.

Tabelle 2: *Moderationsfragen und Äusserungen zur Förderung der Ko-Konstruktion*

Moderationsfragen und Äusserungen zur Förderung der Ko-Konstruktion	<ul style="list-style-type: none"> • Könnt ihr x zustimmen? Warum ja, warum nein? • Haben alle verstanden, was x gesagt hat? Könnt ihr wiederholen, was y gemeint hat? • Möchte jemand etwas zu dieser Frage/Äusserung ergänzen? Hat jemand etwas Ähnliches gedacht? Ist jemand anderer Meinung? • Was meinen die anderen dazu? • Wer ist damit einverstanden, wer nicht? • Wie passt das, was du gesagt hast, zu dem, was x gesagt hat? • Wo waren wir uns jetzt einig, wo nicht? Was waren die verschiedenen Sichtweisen? • Ihr seid euch also einig, dass ... • Manche von euch sind der Meinung, dass ... und andere finden eher ... • Was haben wir nun gemeinsam herausgefunden?
---	--

Die Lehrperson fungiert als Modell für die dargelegten Hebammenfragen, Moderationsfragen und Äusserungen, welche die Kinder und Jugendlichen mit der Zeit nachahmen und deren Verwendung bewusst gefördert wird (Kennedy, 2013). Je geübter eine Gruppe im philosophischen Diskurs ist, desto häufiger setzen die Teilnehmer*innen selbst solche Fragen und Äusserungen ein, so dass die Rolle der Gesprächsleitung mehr und mehr an Bedeutung verliert.

In philosophischen Gesprächen muss darauf geachtet werden, dass die gemeinsame Diskussion die ursprünglich zu klärende Frage fokussiert und nicht thematisch abschweift (Cam & Beck, 1996; Jackson, 2013; Michalik, 2016; Zoller, 2015). In diesem Zusammenhang kann es sinnvoll sein, im Verlaufe der Diskussion den Gesprächsstand im Hinblick auf die zugrunde liegende Fragestellung zusammenzufassen und diese während und vor allem am Ende des Austauschs wieder explizit aufzugreifen (Brüning, 2003; Cam & Beck, 1996; Krüger & Schick, 2012; Michalik, 2016). Der Fokus im Gespräch kann zudem nur aufrecht erhalten werden, wenn sich alle Teilnehmer*innen an grundlegende Gesprächsregeln halten, so dass keine Störungen und Unterbrechungen auftreten (Brüning, 2003; Haynes, 2008; Jackson, 2013; Krüger & Schick, 2012; Michalik, 2016).

Aus den bisherigen Ausführungen wird deutlich, wie anspruchsvoll die Leitung eines philosophischen Gesprächs sein kann. «The teacher's skills are crucial to the success of enquiry-based methods of teaching», wie Haynes (2008, S. 28) es ausdrückt. Obwohl oder vielleicht gerade weil die Lehrperson in solchen Gesprächen keine dominante Rolle einnehmen soll, verlangt deren Leitung einige Fähigkeiten und entsprechendes Fingerspitzengefühl. In der Tradition des sokratischen Gesprächs verhält sich die Gesprächsleitung zurückhaltend und steuert in der Regel keine eigenen Inhalte und Meinungen bei: «In a community of enquiry teachers are facilitators, holding back on their own views, tactfully supporting children's thought and talk and encouraging the dialogue to flow between participants» (Haynes, 2008, S. 35). Die Schwierigkeit besteht darin, den Fortschritt des Gespräches zu gewährleisten, ohne das Geschehen zu stark zu lenken. Zugleich muss der Austausch ergebnisoffen sein, darf aber nicht den Eindruck erwecken, alle Aussagen und Argumente stünden auf gleicher Ebene (Glueck & Brighthouse, 2009). Philosophische Reflexion bedeutet eben auch, dass Meinungen begründet und Argumente analysiert werden müssen – es gibt also durchaus bessere und überzeugendere oder eben inkonsistente Argumentationen. Die Lehrperson muss also einerseits die philosophische Reflexion und die Ko-Konstruktion durch gezielte Fragen und das Einbringen von neuen inhaltlichen Aspekten und Perspektiven fördern, soll aber andererseits den Gedankengängen der Schüler*innen folgen, indem sie ihre Fragen situativ und flexibel adaptiert, und diesen Raum lassen, miteinander ins Gespräch zu kommen

(Helbling, 2018; Jackson, 2013; Krüger & Schick, 2012; Michalik, 2016). Diese Balance zu finden, stellt eine grosse Herausforderung dar.

Die Aufgaben der Gesprächsleitung lassen sich folgendermassen zusammenfassen (Brüning, 2003; de Boer, 2015):

- Gezielte Gesprächsimpulse/Fragen zur Förderung der philosophischen Reflexion und Ko-Konstruktion
- Zusammenfassen verschiedener Beiträge und Positionen, Meinungen zuspitzen
- Rückführung auf Frage/Thema
- Überwachung der Gesprächskultur: Einbezug aller Beteiligten, Einhaltung der Gesprächsregeln
- Zusammenfassung der Ergebnisse (am Ende) des Gespräches
- Metagesprächsimpulse

Die Komplexität der Aufgabe der Gesprächsleitung wirft die Frage auf, welche Lehrpersonen in der Lage sind, philosophische Gespräche mit Kindern zu führen. Camhy (2013) und Haynes (2008) beschreiben eine offene und neugierige Haltung sowie ein eigenes Interesse an den behandelten Fragen als eine grundlegende Voraussetzung. Nach Krüger und Schick (2012) braucht eine Lehrperson vor allem «Sensibilität dafür, welche Fragen und Situationen eine philosophische Dimension enthalten und an welcher Stelle und wie nachgefragt werden kann» (S. 27). Turgeon (2013) und Camhy (2013) betrachten eine gewisse Kenntnis der Philosophie für die Entwicklung einer solchen Sensibilität sowie die Bereitstellung von förderlichem Impulsmaterial als hilfreich. Es überrascht deshalb nicht, dass Turgeon (2013) die mangelnde philosophische Ausbildung von Lehrpersonen kritisiert. Deziert äussert sich auch Martens (2003), wenn er sagt: «Zwar kann im Prinzip bei gewissen kognitiven Voraussetzungen jeder philosophieren, aber nicht jeder kann andere lehren zu philosophieren. Vielmehr bedarf es hierzu einer professionellen philosophischen und didaktischen Kompetenz» (S. 146). Die Frage, ob Lehrpersonen eine philosophische Ausbildung benötigen, ist jedoch umstritten. Wartenberg (2013) räumt ein, dass philosophisches Wissen hilfreich ist, um relevante Beiträge der Kinder zu erkennen und aufzugreifen und dass dies das philosophische Gespräch bereichert; er ist jedoch der Meinung, dass Kinder auch ohne diese Vorbedingung in

philosophischen Gesprächen profitieren und jede Person philosophische Gespräche führen oder dies lernen kann. Dieser Haltung schliesst sich auch M. Gregory (2009) an:

Children and adults without philosophical training are nevertheless capable of discerning ethical, aesthetic, political and other philosophical dimensions of their own experience, of recognising problematic aspects of that experience, and of inquiring toward judgement and action intended to resolve what is problematic in that experience. (S. 277)

Nach Camhy (2013) und Turgeon (2013) kommen auch (fach-)didaktischen Kompetenzen und Techniken – wie beispielsweise der Fähigkeit des gezielten Fragestellens – eine grosse Bedeutung zu, da diese das kritische Denken der Schüler*innen fördern. Aufgrund der dargestellten Äusserungen lässt sich konstatieren, dass philosophisches sowie (fach-)didaktisches Hintergrundwissen als vorteilhaft und förderlich, jedoch nicht von allen Autor*innen als zwingend erachtet werden. Zum Kompetenzstand von angehenden oder bereits tätigen Lehrpersonen in diesem Bereich ist wenig bekannt. Mathis und Conrad (2015) kamen in einer Studie zum Schluss, dass die philosophischen Vorkenntnisse von Studierenden an Pädagogischen Hochschulen zu Beginn sehr gering sind. Auch nach einem Semester, in welchem ein Modul zu Philosophieren mit Kindern besucht wurde, fehlte den Studierenden die nötige reflexive Haltung.

Als weitere Schwierigkeit erweist sich die mangelnde Planbarkeit von philosophischen Gesprächen. Lehrpersonen sind es gewohnt, konkrete Lernziele festzulegen, im Bildungsbereich findet eine vermehrte Output-Orientierung (Oelkers, 2016; Strittmatter, 2019) statt. Das Philosophieren mit Kindern hat ebenfalls Ziele, aber weder Prozess noch Inhalt sind präzise steuerbar. Dies erfordert eine grosse Offenheit seitens der Lehrperson und ein Vertrauen darauf, dass Philosophieren einen wertvollen Bildungsbeitrag (vgl. Kapitel 1.6 und 1.7) leistet, der nicht sofort konkret erfass- oder gar messbar ist. Trotz oder gerade wegen der mangelnden Planbarkeit wird eine gute Vorbereitung der Lehrperson, in welcher diese sich mit ihren eigenen Ansichten und Gefühlen zur philosophischen Frage auseinandersetzt, als eine wichtige Gelingensbedingung betrachtet (Krüger & Schick, 2012).

Die Komplexität von philosophischen Gesprächen ergibt sich aus der Notwendigkeit des Zusammenspiels von Redebeiträgen der Lehrperson als auch der Schüler*innen, wobei die Lehrperson die Leitung des Gesprächs wahrnimmt, jedoch das Ziel verfolgt, zunehmend Verantwortung abzugeben. Philosophische Gespräche können als gelungen gelten, wenn eine differenzierte philosophische Reflexion durch die Anwendung bestimmter Methoden stattfindet, die Teilnehmer*innen in einem ko-konstruktiven Prozess neue Erkenntnisse generieren und dabei den Fokus beibehalten. Die drei Aspekte werden durch gezielte Fragen und Äusserungen der Gesprächsleitung unterstützt, ohne dass dieser eine zu dominante Rolle in der Diskussion zukommt. Für Lehrpersonen stellt es eine grosse Herausforderung dar, diese Balance zu finden und spontan und adaptiv zu reagieren. Philosophisches und (fach-)didaktisches Hintergrundwissen, eine gute Vorbereitung sowie Erfahrung können – gemäss der rezipierten Literatur – Lehrpersonen dabei helfen, diesen Anforderungen zunehmend gerecht zu werden.

1.6 Ergebnisse empirischer Studien zum Philosophieren mit Kindern

Das Philosophieren mit Kindern ist seit seiner weltweiten Verbreitung in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts Gegenstand zahlreicher empirischen Untersuchungen, welche positive Effekte im kognitiven, sprachlichen, sozialen, emotionalen und persönlichen Bereich zutage förderten. Diese Forschungsarbeiten stammen zu meist aus dem englischsprachigen Raum, da empirische Ansätze erst seit einigen Jahren in der deutschen Philosophiedidaktik diskutiert werden (Michalik, 2018; Tiedemann, 2016). In diesem Kapitel werden die Ergebnisse empirischer Studien zu kognitiven und nicht kognitiven Wirkungen des Philosophierens mit Kindern ausgeführt. Eine Übersicht der zitierten Studien findet sich in der Tabelle 3. Abschliessend wird ein Fazit formuliert, in welchem das vorliegende Forschungsprojekt in den aktuellen Forschungsstand eingebettet wird.

1.6.1 Kognitive Wirkungen des Philosophierens

Topping und Trickey (2007a) untersuchten in einer quasi-experimentellen Interventionsstudie mit zehn- bis zwölfjährigen Kindern, wie sich eine Lektion des gemeinsamen Philosophierens über die Dauer von 16 Monaten auf verschiedene kognitive Fähigkeiten auswirkt. Die schottische Studie setzte den *Cognitive Abilities Test*

(CAT) ein und konnte zeigen, dass verbale, nicht verbale und quantitative Fähigkeiten in der Experimentalgruppe signifikant zunahmen, während dies in der Kontrollgruppe nicht der Fall war. Schüler*innen, welche im Vortest unterdurchschnittliche sowie mittlere Leistungen erbrachten, konnten dabei am stärksten profitieren. Zwei Jahre später, in welchen keine weiteren philosophischen Gespräche stattfanden, wurde eine Nachfolgestudie durchgeführt. Die frühere Interventionsgruppe hatte ihren Vorsprung und somit ihre Zugewinne im kognitiven Bereich beibehalten (Topping & Trickey, 2007b).

Die Ergebnisse der Studie konnten in einer weiteren Untersuchung mit Schüler*innen aus dem siebten und achten Schuljahr in Texas repliziert werden. Die Lernenden der Experimentalgruppe, welche 22-26 Wochen an philosophischen Gesprächen teilnahmen, zeigten signifikant höhere Zugewinne im kognitiven Bereich als die Schüler*innen der Kontrollgruppe. In der Experimentalgruppe, in welcher lediglich vier bis zehn Wochen philosophiert wurde, konnten hingegen im Vergleich zur Kontrollgruppe keine deutlichen Unterschiede festgestellt werden. Dies lässt darauf schliessen, dass sich positive Effekte von philosophischen Gesprächen auf die kognitive Entwicklung erst nach einer gewissen Zeit entfalten können (Fair, Johnson, Haas & Price, 2015). Die Zugewinne im kognitiven Bereich zeigten sich auch drei Jahre später in einer Follow-up Untersuchung (Fair, Haas et al., 2015).

In einer spanischen Langzeitstudie, in welcher Kinder einmal wöchentlich von der ersten Klasse bis zur Beendigung der Highschool philosophierten, übertrafen die kognitiven Zugewinne der Experimentalgruppe diejenigen der Kontrollgruppe zwischen dem ersten Messzeitpunkt in der ersten und dem zweiten Messzeitpunkt in der sechsten Klasse. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass benachteiligte Schüler*innen besonders profitieren (Colom, García Moriyón, Magro & Morilla, 2014).

In einer englischen Studie mit vierten und fünften Primarschulklassen wurde annähernd ein Jahr lang wöchentlich philosophiert. Es zeigten sich kleine positive Effekte im Lesen und in der Mathematik, die einem Fortschritt von zwei Monaten entsprechen (Gorard, Siddiqui & See, 2015). Diese Befunde werden von früheren Studien unterstützt (Trickey & Topping, 2004). Die grössten Auswirkungen hatte die Intervention dabei auf benachteiligte Schüler*innen. Der Zusammenhang zwi-

schen philosophischen Gesprächen und Lesekompetenz ist nicht hinreichend geklärt. Teilweise lassen sich die Effekte jedoch darauf zurückführen, dass der Anfangsstimulus der Gespräche eine Lesetätigkeit beinhaltet (Gorard et al., 2015). Auch in dieser Studie wurden die kognitiven Fähigkeiten mit Hilfe *des Cognitive Abilities Test (CAT)* gemessen. Die Resultate waren durchzogen, es zeigte sich aber ein kleiner positiver Effekt, welcher primär auf den verbalen Teil des Testes zurückzuführen ist (Gorard et al., 2015).

Die vier dargestellten Forschungsarbeiten bestätigen die Ergebnisse einer Metaanalyse (García-Moriyón, Rebollo & Colom, 2005) sowie eines systematischen Überblicks über verschiedene Studien (Trickey & Topping, 2004), in welchen ebenfalls über Fortschritte im Bereich der Denkfähigkeiten berichtet wird.

1.6.2 Nicht kognitive Wirkungen des Philosophierens

In der bereits erwähnten schottischen Untersuchung wurde neben der kognitiven Entwicklung zusätzlich die Interaktivität in den Gesprächen mithilfe von videografierten Lektionen erfasst. Bereits nach einigen Monaten verwendeten die Lehrpersonen häufiger offene Fragen und der Redeanteil der Schüler*innen sowie die Anzahl der begründeten Meinungen erhöhte sich (Topping & Trickey, 2007c, 2014). Positive Effekte auf das pädagogisch-didaktische Handeln von Lehrpersonen zeigten sich auch in einer australischen quasi-experimentellen Studie, in welcher Lehrpersonen an einer Weiterbildung zu philosophischen Gesprächen mit Kindern und Jugendlichen teilnahmen. Nach drei Monaten schnitt die Experimentalgruppe in der Berücksichtigung des Vorwissens, im Einsatz von problembasierten Lernformen sowie der Herstellung von lebensweltlichen Bezügen signifikant besser ab als die Kontrollgruppe. Die Experimentalgruppe berücksichtigte auch weitere Qualitätsmerkmale des Unterrichts wie das Denken höherer Ordnung, die Verständnistiefe oder ko-konstruktive Gespräche häufiger (Scholl, Nichols & Burgh, 2014, 2016).

Säre, Luik und Tulviste (2016) gingen in einer quasi-experimentellen Interventionsstudie der Frage nach, wie die verbale Argumentationsfähigkeit von fünf- bis sechsjährigen Kindern aus Estland durch wöchentliche philosophische Gespräche beeinflusst wird. Nach acht Monaten äusserten die Schüler*innen der Experimentalgruppe signifikant mehr Gründe für ihre Meinungen und waren gesprächiger.

Eine Studie mit siebenjährigen Schüler*innen aus zwei Klassen, welche zwölf Wochen dauerte, zeigte ähnliche Resultate. Die verbesserte Argumentationsfähigkeit, welche sich ausschliesslich in der Experimentalgruppe zeigte, nahm auch nach einem weiteren Semester ohne philosophische Gespräche nicht ab (Walker, Wartenberg & Winner, 2013). In einer australischen Untersuchung mit zehn bis zwölfjährigen Schüler*innen wurden die Effekte philosophischer Gespräche auf die Fähigkeit zu ethischen Begründungen eruiert. Die Intervention dauerte sechs Monate, in welchen mindestens eine bis zwei Lektionen pro Woche philosophische Gespräche zu ethischen Fragen stattfanden. Die Experimentalgruppe verbesserte ihre Fähigkeit zur Evaluation von Argumenten, formulierte eine höhere Anzahl relevanter Argumente und wies insgesamt eine höhere Komplexität und Qualität in der Argumentation auf im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Lernenden der Experimentalgruppe zeigten in ihren Argumentationen zudem mehr Empathie (Collins, 2007).

Ein positiver Effekt auf Entwicklungen im kommunikativen Bereich zeigte sich auch in einer qualitativen Studie in der ersten Klasse einer deutschen Grundschule, in welcher alle zwei Wochen regelmässig philosophische Gespräche stattfanden. Im Verlaufe des Jahres nahm die Bezugnahme auf Gesprächsbeiträge anderer Kinder, die Perspektivenübernahme sowie die Komplexität des Diskurses insgesamt zu (Helzel & Michalik, 2015). Schüler*innen können durch philosophische Gespräche ausserdem in ihrer sprachlichen Entwicklung insgesamt gefördert werden. So untersuchten Schleifer und Courtemanche (1996) die Auswirkungen von regelmässigen philosophischen Gesprächen über einen Zeitraum von acht Monaten auf die Sprachentwicklung von zehn- bis zwölfjährigen kanadischen Schüler*innen. Die sprachlichen Fähigkeiten verbesserten sich in der Experimentalgruppe stärker als in der Kontrollgruppe. Gemäss den Autor*innen besteht Grund zur Annahme, dass das Philosophieren mit Kindern die Entwicklung der Kommunikations- und Ausdrucksfähigkeit positiv beeinflusst. Diese Ergebnisse werden von einer aktuelleren Interventionsstudie in einer deutschen Vorschule, in welcher 23 philosophische Gespräche stattfanden, unterstützt. Die Kinder der Experimentalgruppe verwendeten nach einem halben Jahr höhere Satzverbindungsstufen im Vergleich zur Kontrollgruppe und verbesserten zudem ihr Gesprächsverhalten in Bezug auf Initiative, Kontinuität, Flüssigkeit und Deutlichkeit stärker (Alt, 2018).

Nichols, Burgh und Kennedy (2017) untersuchten in einer zweijährigen australischen Studie mit zehn- bis zwölfjährigen Kindern, wie das Gesprächsverhalten der Schüler*innen in forschenden Unterrichtssequenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht durch die Integration philosophischer Gespräche beeinflusst wird. Die Anzahl der Fragen, welche einem Denken höherer Ordnung zugeschrieben werden können, sowie weitere Aspekte eines gelungenen Diskussionsverhaltens (Ideen entwickeln, Alternativen untersuchen, Hypothesen testen, Konzepte erforschen, Schlussfolgerungen ziehen) waren in der Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant höher.

Ein kanadisches Forscherteam um Marie-France Daniel führte mehrere primär qualitative Studien mit Kindern von vier bis zwölf Jahren in Kanada, Mexiko, Frankreich und Australien durch, um die Entwicklung des kritischen Denkens, welches sich in den Diskussionsbeiträgen manifestiert, durch philosophische Gespräche zu untersuchen. Es zeigte sich, dass der Diskurs der Schüler*innen im Laufe der Zeit an Komplexität gewann und sich in Richtung eines kritischen Dialoges entwickelte. Es wurden vermehrt Fragen und Aussagen formuliert, welche ein Denken höherer Ordnung reflektieren und die gegenseitige Bezugnahme sowie das kritische Hinterfragen nahmen zu (Daniel et al., 2005; Daniel, 2008; Daniel, Pettier & Auriac-Slusarczyk, 2011). Das Forschungsteam entwickelte durch die Analyse der Gespräche ein Modell des dialogisch-kritischen Denkens, in welchem einerseits die vier Denkmodi *logisch*, *kreativ*, *verantwortungsvoll* und *metakognitiv* und andererseits die epistemologischen Perspektiven *Egozentrik*, *Relativismus* und *Inter-Subjektivität* unterschieden werden (Daniel et al., 2004; Daniel & Gagnon, 2011; Daniel, Gagnon & Auriac-Slusarczyk, 2017). Untersuchungen deuten darauf hin, dass sowohl das Alter als auch die philosophische Praxis die Entwicklung dieses dialogisch-kritischen Denkens positiv beeinflussen (Daniel, 2012). Die kanadischen Forscher*innen adaptierten das Philosophieren mit Kindern zudem für den Mathematikunterricht von Schüler*innen der vierten bis sechsten Klasse und erhoben Daten zu affektiven Faktoren. Es stellte sich heraus, dass die Freude und Beteiligung am Fach in der Kontrollgruppe ohne philosophische Gespräche tiefer waren. Die Autor*innen vermuten, dass das Philosophieren einen stabilisierenden Effekt in diesen Bereichen wahrnimmt. Zugleich war die Ängstlichkeit und Unsicherheit in der In-

terventionsgruppe, insbesondere bei den Mädchen, höher. Dies könnte auf der Tatsache beruhen, dass philosophische Gespräche in der Mathematik keine eindeutigen Antworten liefern, kognitive Dissonanzen auslösen und eigene Einstellungen herausfordern. Im Bereich des mathematischen Selbstkonzeptes ergaben sich keine Unterschiede. Die Schüler*innen der Interventionsgruppe hatten aber am Ende des Schuljahres das Gefühl, mehr Kontrolle über ihr Lernen zu haben. Begleitende Interviews implizieren, dass die Kinder vor allem lernten, sich mehr Zeit für das Lösen von Problemen zu nehmen, was ihnen das Gefühl vermittelte, mehr Kontrolle über die Zeit und somit das Problemlöseverfahren auszuüben (Daniel, Lafortune, Mongeau & Pallascio, 2003). Eine weitere Studie ging der Frage nach, ob die Einstellung gegenüber Mathematik mit einem philosophischen Ansatz positiv beeinflusst werden kann. Die Fallstudien zeigten aber keine eindeutigen Ergebnisse (Lafortune, Daniel, Fallascio & Schleider, 2000).

Die bereits dargelegte englische Studie, in welcher kognitive Wirkungen des Philosophierens belegt werden konnten (Gorard et al., 2015), wurde ergänzt, um weitere Effekte zu untersuchen. Die Schüler*innen der vierten bis sechsten Klasse, welche der Experimentalgruppe angehörten, schätzten ihre eigenen Kommunikationsfähigkeiten, ihr Teamwork sowie ihre Resilienz nach Beendigung der Intervention höher ein als diejenigen der Kontrollgruppe – die Unterschiede erwiesen sich jedoch als klein. Lehrpersonen berichteten ebenfalls über positive Veränderungen, welche beispielsweise das geduldige Zuhören, das Selbstvertrauen vor anderen zu sprechen und Fragen zu stellen, das Selbstwertgefühl, vermehrte Begründungen sowie verbessertes Verhalten betrafen (Gorard et al., 2015; Siddiqui, Gorard & See, 2017).

Trickey und Topping (2006) prüften den Einfluss von philosophischen Gesprächen auf das akademische Selbstkonzept und das soziale Verhalten. Die siebenjährigen Kinder, welche sieben Monate wöchentlich an philosophischen Gesprächen teilgenommen hatten, erzielten im Bereich des selbst berichteten Selbstkonzeptes signifikante Verbesserungen. Die Tatsache, dass die Ergebnisse der Kontrollgruppe nicht signifikant wurden, kann aber auch auf eine deutlich geringere Anzahl von Kindern zurückgeführt werden. In diesem Sinne ist nicht ersichtlich, ob die philosophische Intervention tatsächlich eine Wirkung erzielte. Im Bereich des sozialen

Verhaltens, welches durch eine Beurteilung der Lehrpersonen erfasst wurde, liessen sich keine Verbesserungen belegen.

Die bereits dargestellte spanische Langzeitstudie, in welcher kognitive Zugewinne belegt werden konnten (Colom et al., 2014), beschäftigte sich zusätzlich mit Persönlichkeitsmerkmalen der Teilnehmer*innen. Die Resultate zu nicht kognitiven Veränderungen erwiesen sich als weniger eindeutig. Die Lernenden der Experimentalgruppe neigten jedoch eher zu prosozialem Verhalten, zugleich aber auch zu einer höheren emotionalen Instabilität (Colom et al., 2014).

Hedayati und Ghaedi (2009) gingen in einer iranischen Studie mit Primarschüler*innen der vierten bis sechsten Klasse der Frage nach, inwieweit philosophische Gespräche soziale Problemlösefertigkeiten beeinflussen. Nach neun Doppellektionen mit philosophischen Gesprächen erreichte die Experimentalgruppe höhere Werte im standardisierten Test, während sich die Ergebnisse der Kontrollgruppe nicht veränderten. Diese Resultate erwiesen sich auch vier Monate später als stabil.

Weitere Studien zum Philosophieren mit Kindern adressierten dessen Einfluss auf wichtige Aspekte des menschlichen Zusammenlebens. Schleifer und Poirier (1996) untersuchten in einer kanadischen Forschungsarbeit mit zwei zweiten Primarklassen den Effekt des Philosophierens mit Kindern auf stereotype Vorstellungen zu Ethnie, Gender und Behinderung. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Vorurteile und Stereotype durch philosophische Gespräche verringert werden können. In einer Studie mit fünfjährigen kanadischen Kindern wurde der Einfluss philosophischer Gespräche auf die moralische Autonomie, die Urteilsfähigkeit, die Empathie sowie die Emotionserkennung untersucht. Einzig im Bereich der Empathie verbesserte sich die Experimentalgruppe, welche über den Zeitraum eines Jahres philosophiert hatte, signifikant stärker als die Kontrollgruppe (Schleifer, Daniel, Peyronnet & Lecomte, 2003). In einer italienischen Studie konnte der positive Einfluss philosophischer Gespräche auf die moralische Urteilsfähigkeit hingegen belegt werden. Die elfjährigen Schüler*innen der Interventionsgruppe, welche neun Monate an wöchentlichen philosophischen Gesprächen partizipierten, verbesserten ihre Ergebnisse im Gegensatz zur Kontrollgruppe im Moralischen Urteil-Test (MUT) von Georg Lind (2015) (Di Masi & Santi, 2015).

1.6.3 Fazit zum Forschungsstand

Die dargestellten empirischen Befunde machen deutlich, dass philosophische Gespräche mannigfaltige Auswirkungen im kognitiven, sprachlichen, sozialen, emotionalen und persönlichen Bereich haben können. Die positiven Effekte auf die Leistungen in kognitiven Fähigkeitstests konnten in empirischen Studien mit größeren Stichproben und Kontrollgruppen belegt und repliziert werden. Die Untersuchung nicht kognitiver Wirkungen erweist sich als anspruchsvoll und die Ergebnisse der zumeist qualitativen Studien mit kleineren Stichproben sind somit weniger eindeutig. Verschiedene Forschungsarbeiten implizieren jedoch positive Effekte auf sprachliche und argumentative Fähigkeiten sowie die Diskussionsqualität insgesamt. Inwieweit philosophische Gespräche das Verhalten von Kindern und Jugendlichen beeinflussen, konnte noch nicht ausreichend geklärt werden. Die Studien von Scholl et al. (2014, 2016) sowie Topping und Trickey (2014) bieten deutliche Hinweise, dass das Philosophieren mit Kindern nicht nur bei Schüler*innen, sondern vielmehr auch bei Lehrpersonen und Interaktionen im Klassenraum positive Veränderungen auslösen kann.

Der Überblick zum Forschungsstand zeigt, dass sich Forschungsprojekte kaum den Wirkungen philosophischer Gespräche im Fachunterricht widmen. Zwar existieren Untersuchungen, welche in einem spezifischen Fach stattfinden; diese legen den Fokus jedoch häufig ebenfalls auf fachunabhängige Kompetenzen. Eine Ausnahme bilden die Studien des kanadischen Forscher*innenteams, welche sich mit den Auswirkungen philosophischer Gespräche auf das Selbstkonzept und motivationale sowie affektive Faktoren im Mathematikunterricht beschäftigten (Daniel et al., 2003; Lafortune et al., 2000). Eine Untersuchung von Nichols et al. (2017) deutet darauf hin, dass philosophische Gespräche im naturwissenschaftlichen Unterricht die Fähigkeiten zu forschendem Lernen und Diskussionen im Kontext des Faches positiv unterstützen könnten. Neben dem erwähnten Fokus auf überfachliche Kompetenzen sind die Zeitspannen der Interventionen erwähnenswert. In den dargelegten Untersuchungen philosophieren Kinder oder Jugendlichen in der Regel über einen längeren Zeitraum von mehreren Monaten bis zu einem Jahr.

Aufgrund der vielversprechenden Studienergebnisse zu fächerübergreifenden Kompetenzen widmet sich die vorliegende Arbeit dem bisher vernachlässigten For-

schungsdesiderat des Philosophierens in den Fächern. Nach Michalik (2018) ergeben sich aus den Befunden des aktuellen Forschungsstandes – wobei die Autorin auch Untersuchungen aus anderen Forschungsbereichen miteinbezieht – deutliche Hinweise darauf, «dass philosophisches Fragen und Forschen nicht nur die allgemeine kognitive Entwicklung der Kinder, sondern auch das inhaltsbezogene fachliche Lernen im Hinblick auf das Erreichen anspruchsvoller fachlicher Lernziele und -prozesse entschieden zu bereichern vermag» (S. 26). Im deutschsprachigen Raum wurden bislang keine Interventionsstudien an Schulen durchgeführt, welche diese These anhand eines konkreten Unterrichtsinhaltes untersuchen. Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Studie möchte deshalb einen Beitrag zur Schließung dieser Forschungslücke leisten. Ausserdem ist im vorliegenden Forschungsprojekt von Interesse, inwiefern bereits einzelne philosophische Gespräche – im Gegensatz zu mehrmonatigen Interventionen – eine Wirkung entfalten können.

Die von Michalik (2018) formulierte These wird im nächsten Kapitel zum Potenzial philosophischer Gespräche in den Fächern begründet und mit empirischen Untersuchungen aus weiteren Forschungsbereichen sowie theoretischen Konzepten untermauert.

Tabelle 3: Übersicht in alphabetischer Reihenfolge zu den im Text aufgeführten Studien zum Philosophieren mit Kindern

Autor*innen (Jahr)	Inhaltlicher Fokus	Proband*innen	N	Studiendesign
Alt (2018)	Einfluss des Philosophierens auf die kindliche Sprachentwicklung	Vorschulkinder in Deutschland	39	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Collins (2007)	Einfluss des Philosophierens auf die Fähigkeit zu ethischen Begründungen	Zehn- bis zwölfjährige Schüler*innen in Australien	~ 250	Quantitative Interventionsstudie
Colom, García Moriyón, Magro & Morilla (2014)	Einfluss des Philosophierens auf kognitive Fähigkeiten und Persönlichkeitsmerkmale	Schülerinnen der zweiten und sechsten Jahrgangsstufe in Spanien	427	Quantitative Langzeitstudie mit Kontrollgruppe
Daniel & Gagnon (2012)	Einfluss des Alters und der philosophischen Praxis auf die Entwicklung des kritischen Denkens	Schüler*innen von der Vorschule bis Jahrgangsstufe fünf in Kanada	13 Gruppen	Qualitative und quantitative Längsschnittstudie
Lafortune, Daniel, Mongeau & Pallascio (2003)	Einfluss philosophischer Gespräche auf affektive Faktoren im Mathematikunterricht	Schüler*innen der vierten, fünften und sechsten Jahrgangsstufe in Kanada	211	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Daniel, Lafortune, Pallascio, Splitter, Slade & de la Garza (2005) / Daniel (2008) / Daniel & Gagnon (2011)	Entwicklung des kritischen Denkens in philosophischen Gesprächen	Vier- bis zehnjährige Schüler*innen in Kanada, Mexiko, Frankreich, Australien	x	Qualitative Längsschnittstudien
Di Masi & Santi (2015)	Einfluss des Philosophierens auf die moralische Urteilsfähigkeit	Schüler*innen der sechsten Jahrgangsstufe in Italien	106	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Fair, Johnson, Haas & Price (2015) / Fair, Haas, Gardosik, Johnson, Price & Leipnik (2015)	Einfluss des Philosophierens auf kognitive Fähigkeiten	Schüler*innen der siebten, achten und zehnten Jahrgangsstufe in den USA	540 (Prä/Post) 183 (Follow-up)	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-, Post-, Follow-up-Design und Kontrollgruppe

García Moriyón, Rebollo & Colom (2005)	Einfluss des Philosophierens auf kognitive Fähigkeiten	x	x	Metaanalyse zu 18 Studien
Gorard, Siddiqui & See (2015)	Einfluss des Philosophierens auf kognitive und mathematische Fähigkeiten sowie Lese- und Schreibfertigkeiten	Schüler*innen der vierten bis sechsten Jahrgangsstufe in England	3159	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Gorard, Siddiqui & See (2017)	Einfluss des Philosophierens auf nicht kognitive Fähigkeiten	Schüler*innen der vierten bis sechsten Jahrgangsstufe in England	2722	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Hedayati & Ghaedi (2009)	Einfluss des Philosophierens auf soziale Problemlösefähigkeiten	Schüler*innen der dritten, vierten und fünften Jahrgangsstufe im Iran	190	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Helzel & Michalik (2015)	Einfluss des Philosophierens auf kommunikative Fähigkeiten (Umgang mit Ambiguität, Perspektivenwechsel, Bezugnahme)	Schülerinnen der ersten Jahrgangsstufe in Deutschland	1 Klasse	Qualitative Längsschnittstudie
Lafortune, Daniel, Fallascio & Schleider (2000)	Einfluss philosophischer Gespräche auf die Einstellungen zum Mathematikunterricht	Schüler*innen der vierten und sechsten Jahrgangsstufe in Kanada	44	Qualitative Längsschnittstudie
Nichols, Burgh & Kennedy (2017)	Einfluss des Philosophierens in einem auf forschendes Lernen ausgelegten naturwissenschaftlichen Unterricht auf das Gesprächsverhalten der Schüler*innen	Schüler*innen der sechsten und siebten Jahrgangsstufe in Australien	9 LP 227 SuS	Quantitative Fall-Kontroll-Studie mit Prä-Posttestdesign
Scholl, Nichols & Burgh (2014, 2016)	Einfluss einer Weiterbildung zu philosophischen Gesprächen mit Kindern und Jugendlichen auf das pädagogisch-didaktische Handeln der Lehrpersonen	Primarlehrer*innen in Australien	59	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-, Post-, Follow-up-Design und Kontrollgruppe

Schleifer & Courtemancher (1996)	Einfluss des Philosophierens auf die Sprachentwicklung	Schüler*innen in Kanada	40	Qualitative und quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Schleifer, Daniel, Peyronnet & Lecompte (2003)	Einfluss des Philosophierens auf die moralische Autonomie, die Urteilsfähigkeit, die Empathie sowie die Emotionserkennung.	Vorschulkinder in Kanada	81	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Säre, Luik & Tulviste (2016)	Einfluss des Philosophierens auf Argumentationsfähigkeiten	Vorschulkinder in Estland	125	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Topping & Trickey (2007a, 2007b, 2007c, 2014) / Trickey & Topping (2006)	Einfluss des Philosophierens auf kognitive Fähigkeiten, Qualität und Quantität interaktiver Dialoge sowie sozio-emotionale Aspekte	Zehn- bis zwölfjährige Schüler*innen in Schottland	177 (Prä/Post) 148 (Follow-up)	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-, Post-, Follow-up-Design und Kontrollgruppe
Trickey & Topping (2004)	Wirkungen des Philosophierens mit Kindern	x	x	Systematisches, kritisches Review zu zehn Studien
Walker, Wartenberg & Winner (2013)	Einfluss des Philosophierens auf Argumentationsfähigkeiten	Schülerinnen der zweiten Jahrgangsstufe in den USA	2 Klassen	Qualitative und quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe

1.7 Das Potenzial philosophischer Gespräche in den Fächern

Das Philosophieren mit Kindern nach Mathew Lipman findet in den Schulen meist unabhängig vom Fachunterricht statt – das Philosophieren in den Fächern oder das Philosophieren als Unterrichtsprinzip hingegen verweist auf philosophische Gespräche, welche sich aus den Unterrichtsgegenständen des jeweiligen Faches ergeben. Im deutschsprachigen Raum machte sich insbesondere Kerstin Michalik um eine theoretische Fundierung und Verbreitung dieses Unterrichtsansatzes verdient (Michalik, 2011, 2013a, 2013b, 2015b, 2016; Schreier, 1997). Beim Philosophieren in den Fächern stehen nicht neue Inhalte im Fokus, vielmehr sollen alternative und vertiefende Zugänge zu den behandelten fachlichen Inhalten ermöglicht werden. Das Erlernen von bestimmten Wissensbeständen, Fähigkeiten und Fertigkeiten wird mit philosophischen Fragen verbunden, welche im bevorzugten Fall von den Schüler*innen selbst aufgeworfen werden (Michalik, 2016).

In den folgenden Kapiteln wird das Potenzial philosophischer Gespräche in den Fächern erörtert. Das Philosophieren mit Kindern – so die These dieser Arbeit – bietet die Chance, fachliche Inhalte zu vertiefen, ermöglicht die Integration und Reflexion verschiedener Perspektiven, kann Ausgangspunkt für Bildungsprozesse werden, fördert die Entwicklung von überfachlichen Kompetenzen und begünstigt die Interessengenesse. Die verschiedenen Begründungen des Philosophierens in den Fächern stützen sich dabei sowohl auf empirische Studien aus verschiedenen Forschungsbereichen als auch auf rein theoretische Überlegungen.

1.7.1 Vertiefung des fachlichen Lernens

Neben bildungstheoretischen Begründungen wird die Integration der Philosophie in den Unterricht auch durch lernpsychologische Argumente gestützt. Michalik (2008a, 2013a) sowie Knight und Collins (2010) stellen die These auf, dass das Philosophieren in den Fächern das fachliche Lernen unterstützt und vertieft. Empirische Untersuchungen zum Philosophieren in den Fächern sind rar (Michalik, 2018), so dass diese Thesen primär auf theoretischen Annahmen sowie Studienergebnissen aus anderen Forschungszweigen beruhen. In den folgenden zwei Kapiteln werden deshalb Forschungsergebnisse zur Berücksichtigung von Alltagsvorstellungen sowie ko-konstruktiven Unterrichtsgesprächen dargelegt. Auch wenn es sich dabei nicht um Studien im Kontext des Philosophierens mit Kindern handelt,

existieren starke Überschneidungen und Zusammenhänge, welche einen Transfer legitimieren.

1.7.1.1 Berücksichtigung von Alltagsvorstellungen

Schüler*innen machen im Verlaufe ihres Lebens vielseitige Erfahrungen, welche ihre Denk- und Wissensstrukturen prägen und beeinflussen. In der fachdidaktischen Literatur werden diese als Vorverständnis, Alltagsvorstellungen, intuitive Theorien, Präkonzepte, Alltagsphantasien, Schüler*innenvorstellungen oder alternative Konzepte bezeichnet. Diese Begrifflichkeiten werden unterschiedlich verwendet – ihnen zu Grunde liegt jedoch die Vorstellung der konstruktivistischen Lerntheorie: Lernen basiert immer auf subjektiven Erfahrungen und Deutungen der Schüler*innen. «Lernen ist also immer entscheidend davon abhängig, was ein Mensch bereits gelernt hat» (Graf & Hamdorf, 2012, S. 25). Als Konsequenz daraus ergibt sich, dass erfolgreiches Lernen den Bezug zu diesen meist impliziten Vorstellungen und somit zur Lebenswelt der Kinder herstellen muss. «Die pädagogische bzw. didaktische Annahme ist, dass Lernprozesse dann erfolgreicher und sinnvoller sind, wenn der alltägliche, subjektivierende, intuitive Zugang zu den Phänomenen im Unterricht nicht nur geduldet, sondern zum Gegenstand expliziter Reflexion und des sozialen Austausches gemacht wird» (Combe & Gebhard, 2012, 112f.). In der Auseinandersetzung mit fachlichen Inhalten werden bei Schüler*innen unwillkürlich bestimmte Vorstellungen, Konzepte und Intuitionen hervorgerufen, welche den Lernprozess beeinflussen (Combe & Gebhard, 2012; Graf & Hamdorf, 2012). Da sich das Vorverständnis der Lernenden untereinander aber auch von der Lehrperson unterscheidet, können die Lernprozesse von den intendierten Zielen der Lehrperson abweichen (Höbke, Höttecke & Kircher, 2004). Nach Höbke et al. (2004) ist es deshalb wichtig, dieses Vorverständnis in die Planung und Durchführung des Unterrichtes miteinzubeziehen. Die Vorstellungen der Schüler*innen können dabei sowohl Anknüpfungspunkte für fachliche Konzepte als auch Lernhindernisse darstellen. Lernen findet jedoch nur statt, wenn neue Inhalte anschlussfähig sind (Anderson, Fisher & Norman, 2002; Duit, 2015; Kattmann, 2010a).

Das ursprüngliche *conceptual change* Konzept von Posner, Strike, Hewson und Gertzog (1982) nennt als ersten Schritt für eine Veränderung einer Vorstellung die Unzufriedenheit mit derselben. Lernende müssen erfahren, dass ihre bisherigen

Denkstrukturen keine adäquaten Lösungen für ein neu aufgetauchtes Problem bieten. Unzureichende Vorstellungen werden durch wissenschaftliche ersetzt, wenn diese Schüler*innen verständlich, plausibel und fruchtbar erscheinen. Dieser Prozess wird nach Posner et al. (1982) primär durch kognitive Konflikte ausgelöst, welche einen raschen Konzeptwechsel befördern; dabei handelt es sich vorwiegend um einen rationalen Vorgang. Einige Aspekte dieser ursprünglichen Erklärungen gerieten im Verlaufe der weiteren *conceptual change* Forschung in Kritik. Im aktuellen Verständnis wird ein Konzeptwechsel als langsamer und kontinuierlicher Prozess betrachtet, in welchem bestehende Vorstellungen eher erweitert und umgestaltet als ersetzt werden (Duit & Treagust, 2003; Marohn, 2008; Vosniadou, 2008); in diesem Sinne wird eher von *conceptual growth* oder *conceptual reconstruction* statt einem *conceptual change* gesprochen (Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017). Nach Duit und Treagust (2003) existiert keine Studie, welche belegen kann, dass ursprüngliche Schüler*innenvorstellungen vollständig verschwunden sind und durch wissenschaftliche ersetzt wurden. Kattmann (2017a) formuliert prägnant: «Ein bloßer Austausch oder Ersatz lebensweltlicher Vorstellungen durch wissenschaftliche ist so gut wie ausgeschlossen» (S. 7). Dies ist einer der Gründe, wieso in der Literatur immer seltener von Fehlvorstellungen und vermehrt von alternativen Vorstellungen gesprochen wird. Die vorhandenen Konzepte werden als Ressource betrachtet, welche eine Bedeutung für das Lernen aufweisen (Kattmann, 2017a). Alltagsvorstellungen sind erfahrungsbasierte Erklärungen, können in bestimmten Situationen hilfreich sein und haben somit ihre Berechtigung (Gropengießer & Marohn, 2018). Ziel des Unterrichts muss es sein, den Lernenden zu vermitteln, dass es Situationen gibt, in welchen naturwissenschaftliche Vorstellungen adäquater und vorteilhafter sind (Duit, 2015). Weiter wurde auch Kritik am Fokus auf rein kognitive Prozesse laut, da man zunehmend davon ausgeht, dass auch affektive Faktoren eine entscheidende Rolle spielen (Duit & Treagust, 2003; Gropengießer & Marohn, 2018; Vosniadou, 2008).

Anschlussfähig an dieses modernere Verständnis des *conceptual change*, in welchem die Vorstellungen der Schüler*innen ernst genommen werden, ist der Ansatz der Alltagsphantasien (Combe & Gebhard, 2012). Der Begriff der Alltagsphantasien ist enger gefasst als beispielsweise das Vorverständnis und bezieht sich auf

intuitive Vorstellungen, welche Aspekte des Selbst-, Menschen- und Weltbildes beinhalten – der Fokus liegt hier also nicht auf fachlichen Konzepten und Vorstellungen (Combe & Gebhard, 2012). Gebhard et al. (2017) betonen, dass die Alltagsphantasien der Kinder und Jugendlichen in der Schule explizit reflektiert werden müssen. «Durch die explizite Thematisierung der Alltagsphantasien, die ein Lerngegenstand hervorruft, kann ein Bezug zwischen fachlichem Wissen und lebensweltlichen Vorstellungen und kulturellen Bildern begünstigt werden» (Combe & Gebhard, 2012, S. 106). Dieser Bezug zur Lebenswelt der Schüler*innen ist Grundlage dafür, dass Lerninhalte als subjektiv bedeutsam und sinnvoll empfunden werden (Combe & Gebhard, 2012). Gebhard et al. (2017) sprechen von Objektivierung und Subjektivierung als zwei komplementäre Zugänge, welche in ihrer Kombination Sinn und Verstehen erst ermöglichen. Sie betonen die Bedeutung der Zweisprachigkeit, also den Einbezug von wissenschaftlichen und lebensweltlichen Perspektiven. Subjektive und objektive Zugänge zu Phänomenen sind nützlich und sollen nicht gegeneinander ausgespielt werden. Birkmeyer, Combe, Gebhard, Knauth und Vollstedt (2015) drücken dies folgendermassen aus: «Die Kunst ist vielmehr, produktiv zwischen diesen Polen zu vermitteln und das Spannungsverhältnis weder nach der einen noch der anderen Seite aufzulösen» (S. 11). Auch gemäss Kattmann (2010a) sind in Beziehung gesetzte lebensweltliche und wissenschaftliche Vorstellungen im Sinne der didaktischen Rekonstruktion nur wirksam, «wenn man beide Seiten als gleichwertig und gleich bedeutend für das Lernen behandelt» (S. 30).

In der Forschung hat sich gezeigt, dass der Transfer und die Dauerhaftigkeit von wissenschaftlichen Konzepten nach wie vor eine grosse Herausforderung darstellen. Als mögliche Lösung wird die Förderung von metakognitiven Fähigkeiten diskutiert (Duit & Treagust, 2003). «Im Unterricht sollte das Einnehmen einer Metaposition gegenüber wissenschaftlichen und eigenen Vorstellungen entwickelt werden. Auf diese Weise können die Lernenden ihre eigenen Vorstellungen reflektieren und die wissenschaftlichen Vorstellungen eine Bedeutung bekommen, die zur Neukonstruktion ihrer Vorstellungen bewegt (Umlernen)» (Kattmann, 2010a, S. 31). Durch eine Reflexion der Alltagsvorstellungen im Unterricht können Lerninhalte an bestehende Konzepte und Vorstellungen anknüpfen und darauf aufbauen. In diesem Prozess treten auch Widersprüche, Irritationen und Unsicherheiten auf, welche Ausgangspunkt für einen fruchtbaren Lernprozess werden können (Dittmer,

Gebhard, Höttecke & Menthe, 2016; Duit, 2015). Die Berücksichtigung der lebensweltlichen Erfahrungen und intuitiven Vorstellungen der Schüler*innen ist Bedingung für eine Irritationserfahrung, welche dem zu erlernenden Gegenstand subjektive Bedeutsamkeit verleiht. Durch die daraus resultierende persönliche Beteiligung am Lernprozess kann dieser vertiefter und erfolgreicher stattfinden (Dittmer & Gebhard, 2015).

Born (2007) untersuchte in einer schulischen Interventionsstudie im Fach Biologie den Einfluss der expliziten Reflexion von Alltagsphantasien. Mit Hilfe von Gruppendiskussionen wurden die Alltagsphantasien von deutschen Schüler*innen aus der elften Jahrgangsstufe zur Gentechnik erfasst, um diese in die anschließende Unterrichtseinheit zu integrieren. Die dargebotenen Materialien wurden von der Interventionsgruppe als sinnvoller empfunden und sie hatten das Gefühl, die Inhalte des Unterrichts besser verstanden zu haben. In einer Reflexion nach Durchführung der Unterrichtseinheit schätzte die Interventionsgruppe das eigene Verständnis der Inhalte, den Lebensweltbezug, die Qualität der Unterrichtseinheit und der Unterrichtsmaterialien sowie den Einbezug in die Unterrichtseinheit signifikant höher ein. In einer schriftlichen Wissenserhebung direkt sowie drei Wochen und sechs Monate nach der Unterrichtseinheit schnitt die Interventionsgruppe ebenfalls signifikant besser ab. Der Einbezug der Alltagsphantasien führte zu einem höheren Wissenserwerb, welcher zudem nachhaltig war. In einer weiteren Interventionsstudie in Biologie an der zehnten Jahrgangsstufe einer deutschen Gesamtschule, in welcher wiederum Alltagsphantasien im Bereich der Gentechnik reflektiert wurden, zeigten sich ebenfalls positive Effekte. Die Berücksichtigung der Alltagsphantasien hatte positive Auswirkungen auf die intrinsische Motivation und das situative Interesse der Lernenden. Im Lernleistungstest nach der Unterrichtseinheit zeigten sich allerdings keine signifikanten Unterschiede. In einem weiteren Test nach zwölf Wochen schnitt die Interventionsgruppe marginal signifikant besser ab. Es kann vermutet werden, dass die Auseinandersetzung mit den eigenen intuitiven Vorstellungen das Erinnern der Lerninhalte begünstigt (Monetha, 2009). Oschatz, Mielke und Gebhard (2011) stellten hingegen fest, dass die Aktivierung impliziter kognitiver Inhalte zu einer erhöhten kognitiven Beanspruchung führt und so für den Lernprozess zunächst belastend sein kann. Die Produktivität der Alltagsphantasien zeigt

sich erst mittel- bis langfristig und benötigt den sozialen Austausch (Gebhard, 2015).

Menthe (2006) untersuchte in einer Studie das Urteilen von Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht von Klassen der zehnten Jahrgangsstufe. Die Resultate weisen auf die grosse Bedeutung von Intuitionen und Emotionen im Urteilsprozess und die hohe Stabilität von Schüler*innenmeinungen hin. Kenntnisse, welche im Unterricht erworben werden, wirken sich kaum auf lebensweltliche Urteile aus; die Aktivierung von sehr stabilen Überzeugungen kann sogar den Erwerb von fachlichen Inhalten erschweren. Menthe (2012) plädiert dennoch für das explizite Aufgreifen von intuitiven Vorstellungen und deren Weiterentwicklung. Wenn dies nicht geschieht, entscheiden sich Lernende häufig für ihre lebensweltlichen Vorstellungen, auch wenn diese den fachlichen Konzepten widersprechen (Birkmeyer et al., 2015). Die Ergebnisse von Menthe (2006) verweisen auf das sozial-intuitionistische Modell der moralischen Urteilsbildung. Dieses besagt, dass die Wahrnehmung von Phänomenen bestimmte Gedächtnisinhalte aktiviert und umgehend zu intuitiven Bewertungen und Entscheidungen führt, welche post-hoc argumentativ gerechtfertigt werden (Dittmer, 2013). Dies widerspricht einer Sichtweise des Beurteilungsprozesses als rein rationale Handlung, die der sorgfältigen Abwägung von Argumenten entspringt. Die sozial-intuitionistische Theorie basiert auf sogenannten Zwei-Prozess-Modellen, welche zwei Denkmodi beschreiben. Es existiert ein kognitiv aufwändiger Verarbeitungsmodus, welcher rationale Entscheidungsprozesse ermöglicht, wenn genügend Ressourcen vorhanden sind. Viele Entscheidungen werden aber intuitiv und erfahrungsbasiert getroffen, damit die zahlreichen Entscheidungssituationen im Alltag bewältigt werden können und spiegeln unsere Wahrnehmungs- und Denkmuster (Dittmer, Menthe, Gebhard & Höttecke, 2016; Düker & Menthe, 2016). Die Reflexion der intuitiven Vorstellungen und Bewertungen im Unterricht ist deshalb zentral. Nur diese kann selbstverständlich scheinende Meinungen bewusst machen und so eine Erfahrung der Irritation auslösen, welche bestenfalls die Chance zu einem rationalen Urteilsprozess eröffnet (Dittmer, Gebhard et al., 2016). Diese Zusammenhänge zeigten sich auch in einer Untersuchung von Vershey (2005), welcher sich mit der Berücksichtigung von (religiösen) Vorstellungen im Themenbereich der Evolution beschäftigte. Die amerikanischen

Studierenden der Interventionsgruppe, deren Vorstellungen reflektiert wurden, näherten sich eher einer naturwissenschaftlichen Sichtweise an, als dies in der Kontrollgruppe der Fall war.

Die vorangegangenen Überlegungen und empirischen Untersuchungen implizieren den hohen Stellenwert, welche Intuitionen und Schüler*innenvorstellungen für das fachliche Lernen aufweisen. Der Unterrichtsansatz des Philosophierens mit Kindern wird explizit im Zusammenhang mit der Reflexion von subjektiven Vorstellungen der Schüler*innen genannt (Dittmer, 2013). Dieser wird als eine Möglichkeit betrachtet, die erwähnte Zweisprachigkeit zu kultivieren (Gebhard et al., 2017). Nach Kattmann (2010a) sollte der Unterricht Schüler*innen in der Aneignung einer Metaposition unterstützen; die Philosophie als Reflexionswissenschaft kann dabei ein wichtiges Instrument in der Erreichung dieses Zieles darstellen. Die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Vorstellungen im philosophischen Gespräch kann zudem Auslöser für ein Irritationsmoment darstellen, welches eine Anpassung der eigenen Sichtweise anstößt (Gebhard, 2005). Das Philosophieren erscheint als fruchtbare Möglichkeit, Vorstellungen und Gedanken von Schüler*innen im Unterricht zu berücksichtigen, so dass fachliche Inhalte als subjektiv bedeutsam und sinnvoll erlebt werden können (Suisa, 2009).

1.7.1.2 Ko-konstruktive Erkenntnisgewinnung

«There is increasing agreement among those who study classrooms that learning is likely to be most effective when students are actively involved in the dialogic co-construction of meaning about topics that are of significance to them» (Wells & Arauz, 2006, S. 379). Lernen wird also – neben der Berücksichtigung von Alltagsvorstellungen – auch durch ko-konstruktive Zusammenarbeit oder Gespräche gefördert. In der *conceptual change* Forschung hat sich das kooperative Lernen – insbesondere die kollaborative Argumentation – als wirkmächtige Strategie zur Initiierung von Konzeptveränderungen und -erweiterungen erwiesen (Egbers & Marohn, 2014; Gropengießer & Marohn, 2018; Lin, 2016). Nussbaum (2008) nennt zwei mögliche Gründe: der soziokognitive Konflikt und die kognitive Elaboration. Demnach geschehen konzeptionelle Veränderungen des Denkens (*conceptual change*) durch kognitive Konflikte, welche durch verschiedene Standpunkte und

Widerspruch ausgelöst werden können. Weiter werden die Lernenden in einer kollaborativen Diskussion dazu ermutigt, Beziehungen zwischen Konzepten und dem Vorwissen herzustellen, so dass verschiedene Zugänge bestehen, wenn dieses abgerufen werden soll. Diese Erklärungen werden von Michaels und O'Connor (2015) ebenfalls genannt. Als weiteres Argument führen sie eine Zunahme des Gefühls von Selbstwirksamkeit ins Feld, welches durch die aktive Teilnahme an solchen Gesprächen und die positiven Reaktionen von anderen Lernenden entsteht und hoch motivierend wirkt (vgl. Ryan & Deci, 2000).

Zahlreiche Studien aus dem Feld der Gesprächsforschung stützen diese Thesen. Mercer, Wegerif und Dawes (1999) und Mercer, Dawes, Wegerif und Sams (2004) konnten in zwei britischen Untersuchungen an Primarschulen zeigen, dass bestimmte Gespräche einen positiven Effekt auf das Lernen der fachlichen Inhalte sowie das logische Denken und die Problemlösefähigkeit aufweisen. Sie beziehen sich dabei auf das Konzept des *exploratory talk*, welches den kritischen und konstruktiven Umgang mit begründeten eigenen und fremden Ideen beinhaltet. Diese Ergebnisse bestätigen eine Studie von Hake (1998), in welcher Gruppen mit interaktiven Sequenzen im Physikunterricht an amerikanischen Highschools und Universitäten ebenfalls in beiden Bereichen besser abschnitten. Die verbesserte Problemlösefähigkeit wurde auch von Webb und Treagust (2006) in einer südafrikanischen Studie in der Jahrgangsstufe sieben belegt.

Zohar und Nemet (2002) stellten in einer israelischen Interventionsstudie in Biologie in der Jahrgangsstufe neun fest, dass die Experimentalgruppe, welche den Unterrichtsstoff mit Hilfe von Dilemma-Diskussionen vertiefte, im Wissenstest besser abschnitt und mehr korrektes biologisches Wissen in der Argumentation anwandte, als dies in der Kontrollgruppe der Fall war. In einer weiteren Untersuchung mit israelischen Studierenden von Asterhan und Schwarz (2007) im Gebiet der Evolution zeigte sich, dass die Teilnahme an einer Argumentation hilft, den Lernzuwachs länger beizubehalten. Auch eine Studie von Wuttke (2005) ergab, dass Argumentationssequenzen im Sinne des *exploratory talk* dabei helfen, vernetztes Wissen aufzubauen. O'Connor, Michaels und Chapin (2015) beschäftigen sich ebenfalls intensiv mit dem Einfluss von Klassendiskussionen respektive *Accountable Talk* (Michaels, O'Connor & Resnick, 2008) auf das Lernen im Mathematikunterricht in der Primarschule. Ihre Studien weisen darauf hin, dass Schüler*innen eine höhere

Leistung erbringen, wenn nach den Regeln des *Accountable Talk* und nicht mit direkter Instruktion unterrichtet wird. Unterstützt wird dieses Ergebnis durch eine Untersuchung von Pauli und Reusser (2015), in der sich die Qualität des Klassengesprächs in achten und neunten Klassen an deutschen und Schweizer Schulen auf die Leistungen in Mathematik auswirkte. Dass die Art des Dialoges entscheidend für das konzeptionelle Verständnis im Mathematikunterricht ist, impliziert auch eine Metastudie von Kyriacou und Issitt (2008).

In einer Studie von Aufschnaiter, Erduran, Osborne und Simon (2008) in England in der Jahrgangsstufe acht entwickelte sich durch Argumentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht kein neues Wissen, aber die Sicherheit des bereits vorhandenen Wissens wurde verstärkt. Die Autor*innen fügen aber an, dass die Entwicklung von neuem Wissen ein langsamer Prozess von Interaktion und Reflexion sei.

Felton, Garcia-Mila, Villarroel und Gilabert (2015) beschäftigten sich mit der Frage, welche Art des Diskurses besonders lernförderlich ist. Sie unterscheiden dabei eine Diskussion, deren Ziel die Überzeugung des Gegenübers ist (*persuasion dialogue*) und einem Dialog, dessen Ziel der gemeinschaftliche Austausch und der Konsens ist (*deliberation dialogue*). In der spanischen Untersuchung mit Schüler*innen der siebten Klasse wurde festgestellt, dass nicht nur die Gesprächsqualität der zweiten Gruppe höher war, sondern auch der Inhalt besser gelernt wurde. Argumentationen im Sinne des *disputational talk* wirken sich nach Wuttke (2005) sogar negativ auf die Wissensgenerierung aus. Chi und Menekse (2015) betonen ebenfalls, dass die Art des Gespräches einen Einfluss auf das Lernen hat. Teilnehmende können dabei passiv, aktiv oder konstruktiv sein. Ihre Studien in den USA zeigen, dass Studierende, welche sich konstruktiv am Gespräch beteiligen, mehr lernen und dass ko-konstruktive Gespräche den höchsten Lerneffekt aufweisen.

Die Art des Diskurses im Unterricht beeinflusst auch die Motivation und das Interesse der Lernenden. Kiemer, Gröschner, Pehmer und Seidel (2015) legten den Fokus in ihrer Untersuchung an deutschen Sekundarschulen und Gymnasien auf produktive Klassengespräche im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht, insbesondere auf die Fragen und Rückmeldungen der Lehrpersonen, welche eine vi-

deobasierte Weiterbildung besuchten. Die wahrgenommene Autonomie, Kompetenz und intrinsische Motivation sowie das Interesse am Fach in der Interventionsgruppe stieg im Vergleich zur Kontrollgruppe an.

Obschon die bisherigen Forschungsergebnisse die positiven Effekte ko-konstruktiver Gespräche belegen, ist der Unterrichtsalltag in den Schulen monologisch geprägt; die Lehrperson beansprucht den grössten Redeanteil. Die Lehrer*innen-Schüler*innen-Kommunikation wird von der IRE Struktur (*Initiate – Response – Evaluate*) dominiert, wobei die Fragen keinem hohen kognitiven Anspruchsniveau entstammen (Alexander, 2008; Budke, 2012; Kyriacou & Issitt, 2008; Reznitskaya & Gregory, 2013; Topping & Trickey, 2014). Argumentationen führen im (naturwissenschaftlichen) Unterricht ein Schattendasein. Nach Driver, Newton und Osborne (2000) liegt dies unter anderem an der fehlenden Expertise der Lehrpersonen, dem hohen Stoffdruck sowie einem beschränkten Verständnis vom Wesen der Naturwissenschaften. Die Bedeutung der Argumentation für die schulische Praxis beruht auf zwei Prämissen: Einerseits ist sie unabdingbare Voraussetzung für einen demokratischen Meinungsbildungsprozess, ermöglicht die gewaltfreie Lösung von Konflikten und verhilft zu Orientierung und Handlungsfähigkeit in einer komplexen Gesellschaft (Budke, 2012; Budke & Meyer, 2015). Andererseits unterstützt der argumentative Austausch den Wissenserwerb und das Verständnis von fachlichen Inhalten und Konzepten (Budke & Meyer, 2015; Kuckuck, 2015).

Die erwähnten Studien lassen den Schluss zu, dass qualitativ hochwertige Gespräche, in denen verschiedene Sichtweisen begründet und kritisch ausgetauscht werden, die Anpassung und Erweiterung von Vorstellungen befördern und die Motivation erhöhen. Diese Merkmale manifestieren sich beispielhaft in philosophischen Gesprächen. Die Forschungsergebnisse von Felton et al. (2015) und Chi und Menekse (2015) legen dar, dass besonders Gespräche, welche auf die gemeinsame Konstruktion von Überzeugungen und Wissen Wert legen, lernwirksam sind. In philosophischen Gesprächen steht nicht die konfrontative Auseinandersetzung, sondern ein ebensolcher gemeinschaftlicher Austausch im Zentrum. Zugleich werden durch diese Gesprächsform das logische Denken sowie die Argumentationsfähigkeit eingeübt. Diese Fähigkeiten wiederum gelten als wichtige Faktoren in der Veränderung und Entwicklung von Vorstellungen bei Schüler*innen (Gropengießer & Marohn, 2018).

1.7.2 Integration und Reflexion verschiedener Perspektiven

Schulunterricht wird in der Regel im Rahmen von verschiedenen Fächern erteilt, welche die Welt aus einer bestimmten Perspektive beleuchten. Aus lernpsychologischer sowie fachinhaltlicher Sicht kann sich ein solch monoperspektivischer Zugang bei gewissen Fragestellungen als erforderlich und angemessen erweisen (Wilhelm & Kalcsics, 2017). Ein umfassendes Verständnis der Wirklichkeit bedingt jedoch die Betrachtung derselben aus verschiedenen Perspektiven, welche miteinander verknüpft werden (Trevisan, 2018). Philosophische Fragestellungen und Gespräche können – so Lipman (1988) – die künstlich geschaffenen Fachgrenzen sprengen, so dass inter- und transdisziplinäre Unterrichtsentwürfe befördert werden. Nach Knight und Collins (2010) kann eine Erschliessung der Welt nur gelingen, wenn Lehrpersonen philosophische Gespräche in den Unterricht integrieren: «If students were to develop an understanding of the world and what is in it, then as teachers we must engage them in philosophical enquiry» (S. 306). Michalik (2011) vertritt die Auffassung, dass es im Unterricht grundsätzlich darum gehen muss, offene Fragen zu generieren, welche einen philosophischen Kern aufweisen und auf übergreifende Zusammenhänge abzielen. Das gemeinsame Nachdenken in philosophischen Gesprächen eröffnet mehrperspektivische Zugänge zu Unterrichtsgegenständen und bettet diese in einen grösseren Zusammenhang ein, was die Schüler*innen in ihrer Fähigkeit zu vernetztem Denken unterstützt (Helbling, 2018; Michalik & Wittkowske, 2010; Michalik, 2011). Die Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven ermöglicht einen Erkenntniszuwachs, welcher im Kontext eines einzelnen Faches nicht hätte erreicht werden können. Dies kann am Beispiel der Thematik des Themas «Reisen» beispielhaft illustriert werden. Das «Reisen» kann aus ökonomischer Perspektive (z. B. Arbeitsstellen), aus geografischer Perspektive (z. B. Einfluss auf die Umwelt, Klimazonen), aus naturwissenschaftlicher Perspektive (z. B. Klimaerwärmung, Antriebstechnologien), aus historischer Perspektive (z. B. Entwicklung des Tourismus), aus religionskundlicher Perspektive (z. B. religiöse Reisen wie Pilgerfahrten), aus sozialer Perspektive (z. B. Wohnungspreise) sowie aus philosophischer Perspektive (z. B. Bewertungskriterien: Wann ist eine Reise «gut»?) betrachtet werden. Zentral für den Unterricht ist nun die Verknüpfung dieser Perspektiven:

Die einzelnen fachlichen Perspektiven haben aber für sich allein betrachtet auch ihre Erkenntnisgrenzen und können dadurch nur einen eingeschränkten Ausschnitt der Welt erklären. Erst im Zusammenspiel mit anderen fachlichen Perspektiven können viele Gegenstände, Probleme und Fragen unserer Welt in ihrem Reichtum und in ihren Widersprüchen erfasst und verstanden werden. (Trevisan, 2018, S. 24)

Im Lichte der philosophischen Frage nach einer «guten» Reise können nun alle Perspektiven berücksichtigt und reflektiert werden. Eine sinnvolle Integration verschiedener Blickwinkel, welche eine umfassendere Sichtweise auf die Wirklichkeit ermöglichen, gelingt nur, wenn über deren Eigenheiten, Möglichkeiten und Grenzen nachgedacht wird. Nach Bussmann und Martens (2016) stellt das Philosophieren einen solchen Reflexionsprozess dar, in welchem lebensweltliche und wissenschaftliche Erkenntnisse im Kontext einer Problemstellung analysiert werden. Philosophische Gespräche mit Kindern und Jugendlichen können einen kritischen Austausch zu Leistungsvermögen und Begrenztheit wissenschaftlicher Erkenntnisse begünstigen und zugleich alternative Zugänge zur Wirklichkeit ermöglichen, welche im Schulalltag häufig ausgeklammert werden (Michalik, 2009, 2016). Dittmer (2015) formuliert das Potenzial philosophischer Gespräche im Fachunterricht folgendermassen:

Der Nutzen des philosophischen Blickes auf das eigene Fach liegt neben dem bewussten Umgang mit sonst selbstverständlich verwendeten Begriffen und Konzepten, in der Förderung einer staunenden Haltung, in der Entwicklung neuer Perspektiven und Fragestellungen, aber auch einer bescheidenen, gar demütigen Haltung angesichts der Grenzen des Wissens. (S. 97)

Die Reflexion einzelner Perspektiven ist unabdingbare Voraussetzung für interdisziplinäres Denken (Dittmer, 2015). Der Lehrplan 21 fordert eine solche Sensibilisierung für die Unterschiedlichkeit einzelner Perspektiven explizit in verschiedenen Kompetenzzielen ein. So sollen Lernende befähigt werden, (natur-)wissenschaftliche, religiöse und weitere Formen der Erkenntnisgewinnung zu identifizieren und voneinander abzugrenzen (D-EDK, 2016; NT.1.1 / ERG.4.5). Das Charakteristikum und somit Potenzial der Philosophie besteht in der Möglichkeit, die Voraus-

setzungen und Wege zur Erkenntnisgewinnung der einzelnen Perspektiven zu reflektieren und deren Leistungsvermögen und Unterschiedlichkeit kritisch zu betrachten.

1.7.3 Ausgangspunkt für Bildungsprozesse

Der Schulunterricht wird nach Schreier (1997) und Michalik (2013a) dominiert von primär geschlossenen und kognitiv wenig anspruchsvollen (Schein-)Fragen, deren Antworten bereits feststehen und somit lediglich reproduziert werden müssen. Nach Murriss (2009) wirkt sich dieser Zustand negativ auf die Fähigkeiten von Kindern und Jugendlichen aus: «Schooling has a damaging effect on pupils' ability and courage to question, what nobody else is questioning» (S. 115). Schüler*innen verlieren in der Schule die Fähigkeit, scheinbar Selbstverständliches zu hinterfragen (Lam, 2009), da Wissen als ewig, unveränderbar und direkt übertragbar präsentiert wird (Michalik, 2001; Murriss, 2009). Dies ist insofern problematisch, als dass Bildung nach Bieri (2017) mit Neugierde beginnt, welche sich in der Regel in Fragen manifestiert. Das Philosophieren fördert nach Michalik (2016) jedoch eine andere Haltung: Es existiert viel Unerklärliches, Fragwürdiges und Überraschendes in der Welt, so dass sich ein Nachfragen, Weiterdenken und Forschen lohnt. Erst die Verbindung mit philosophischen Fragen ermöglicht die Einsicht, dass auch heute noch ungelöste Probleme und unbeantwortete Fragen existieren (Michalik, 2016). Die dadurch ausgelöste Verwunderung und Irritation, welche die kindliche Neugierde und den Forscherdrang nährt, bilden die Quelle für neue Erkenntnis (Schreier, 1997). Die durch die fachlichen Inhalte evozierten philosophischen Fragen führen so – wie Schreier (1997) es formuliert – zu einer Enttrivialisierung des Unterrichts und fördern eine für das Lernen zentrale Fragehaltung.

Koller (2012) beschreibt das Lernen als einen Prozess, in welchem Informationen aufgenommen und verarbeitet werden; Bildung hingegen bezieht sich auf ein Wissen höherer Ordnung, fokussiert die Reflexion des Lernprozesses, fragt nach dem epistemologischen Status des Wissens und führt schliesslich zu Urteilen über Informationen und Informationsverarbeitungsprozesse (Bieri, 2017; Koller, 2012). Das Philosophieren unterstützt nach Michalik (2013a) einen solchen kritischen Umgang mit Wissen und (Natur-)Wissenschaft; es stellt die Frage nach den Grenzen der (na-

tur-)wissenschaftlichen Erkenntnis und ermöglicht so ein besseres Verständnis derselben. Dies ist eine notwendige Bedingung für Bildungsprozesse, wie Fischler, Gebhard und Rehm (2018) formulieren: «Erst das Aufdecken und Reflektieren der menschlichen Konstruktion von Wissenschaft ermöglicht es, Bildungsprozesse in einem klassischen Sinn, nämlich im Sinn wachsender Urteilsfähigkeit und Reflexivität des sich bildenden Subjekts, zu initiieren» (S. 18).

Unter Bildung werden in der Regel Prozesse verstanden, welche durch die Auseinandersetzung eines Individuums mit der Welt zu einer inneren Veränderung des Menschen führen, so dass dessen Sichtweisen auf sich selbst und die Welt umgestaltet werden (Bieri, 2017; Dörpinghaus, 2015; Koller, 2012; Prüwer, 2009). Philosophische Fragen können zum Ausgangspunkt einer solchen Veränderung werden, denn «Bildungsprozesse haben fast immer mit Fragen zu tun, deren Antwort nicht schon bereit liegen» (Dörpinghaus & Uphoff, 2015, S. 58). Es ist die Begegnung mit einer komplexen, mehrdeutigen und fragwürdigen Welt, nicht mit bloßem Faktenwissen, welche – wie Koller (2012) es nennt – zu solchen transformatorischen Bildungsprozessen führt. Die Auseinandersetzung mit philosophischen Fragen im Unterricht führt nach Michalik (2008a) ausserdem zu einer Entschleunigung – es entsteht ein Nährboden für Nachdenklichkeit. Genau diese ist notwendig, damit Bildungsprozesse initiiert werden können. «Bildungsprozesse sind *indirekte* Prozesse, sie brauchen den Umweg, den Raum der Reflexion und der Nachdenklichkeit» (Dörpinghaus, 2015, S. 472). Das Wort Schule stammt aus dem Griechischen und bedeutet ursprünglich Musse. Eine solche scheint nötig, um eine ernsthafte und subjektiv bedeutsame Beschäftigung mit Inhalten statt einer Anhäufung von trägem Wissen zu begünstigen: «Nur Nachdenklichkeit, nur ein Denken, das auf Sinn und Verständnis zielt und gründet, kann mit der Fülle des Wissens fertig werden, nicht noch mehr einzelnes Faktenwissen» (Gebhard, 2005, S. 48). Bildung ist nach Dörpinghaus und Uphoff (2015) «eine sehr umfassende Reflexion auf die wichtigsten Dinge der Lebensführung» (S. 60). Philosophische Gespräche stellen eine Möglichkeit dar, über solche grundlegenden Fragen der menschlichen Existenz nachzudenken.

Bildung ist ohne Neugierde, ohne Fragwürdiges, ohne Nachdenklichkeit und somit ohne Philosophie kaum denkbar. Philosophische Gespräche in den Fächern können

– wie dies verschiedene Autor*innen betonen – eine solche Neugierde und Nachdenklichkeit bei den Schüler*innen wecken und fördern, sie dabei unterstützen, eine Metasicht auf Wissen und Wissenschaft zu entwickeln, ihre Perspektiven und Lebensführung zu reflektieren und somit eine Veränderung ihrer Sicht auf die Welt und sich selbst befördern.

1.7.4 Förderung von überfachlichen Kompetenzen

Im Unterricht sollen neben fachlichen auch überfachliche Fähigkeiten und Fertigkeiten erworben werden, welche der Lehrplan 21 in personale, soziale und methodische Kompetenzen unterteilt, deren Förderung in allen Fächern stattfinden soll (D-EDK, 2016). Philosophische Gespräche in den Fächern bergen das Potenzial, viele dieser überfachlichen Kompetenzen – insbesondere personale und soziale – sowohl implizit als auch explizit zu erlernen (Helbling, 2018). Im Bereich der sozialen Kompetenzen fördert das Philosophieren die Dialog- und Kooperationsfähigkeit, die Konfliktfähigkeit sowie den Umgang mit Vielfalt, während im Bereich der personalen Kompetenzen vorrangig die Aspekte Selbstreflexion und Eigenständigkeit adressiert werden. In der Literatur wird die Förderung dieser Kompetenzen durch philosophische Gespräche explizit erwähnt. Die Tätigkeit des Philosophierens kann durch die Konfrontation mit unterschiedlichen Meinungen nach Michalik (2002, 2008a) beispielsweise zu einer Haltung der Offenheit, einer grösseren Toleranz und somit auch einer verbesserten Konfliktfähigkeit führen. Durch den gemeinsamen Austausch von Erfahrungen und Sichtweisen wird die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel geschult (Michalik & Wittkowske, 2010). Lipman (1988), der Begründer des Philosophierens mit Kindern (vgl. Kapitel 1.4) wollte den Schüler*innen durch seinen Unterrichtsansatz primär das (vernünftige) Denken lehren. Dieses Denken wird dabei als übertragbare Fähigkeit betrachtet, welche sich auf alle Bereiche und Schulfächer und somit positiv auf den akademischen Erfolg insgesamt auswirkt (Grayling, 2009): «Because philosophy is the discipline that best prepares us to think in terms of the other disciplines, it must be assigned a central role in the early (as well as in the late) stages of the educational process» (Lipman, 1988, S. 18). Ein solches Denken höherer Ordnung beinhaltet das kritische, kreative und einfühlsame Denken (Lipman, 2009; Sharp, 2009a). Häufig wird der Fokus dabei auf das kritische Denken gelegt (Michalik, 2008a; Michalik & Wittkowske, 2010), welches die Urteils- und somit Handlungsfähigkeit verbessern soll (Camhy, 2013; Nießeler &

Seichter, 2010). Im Zusammenhang mit der Erziehung zu mündigen Mitgliedern der Gesellschaft wird die verbesserte Gesprächs- und Argumentationsfähigkeit, welche durch den kollaborativen Austausch erlernt wird, erwähnt (Bussmann & Martens, 2016; Fisher, 2007). Die gemeinsame Suche nach Antworten ermöglicht auch das Eingeständnis eigener Denkfehler und somit die Entwicklung von Kritikfähigkeit (Bussmann & Martens, 2016). Die Beschäftigung mit ungeklärten Fragen erlaubt nicht nur die Kultivierung einer Haltung der Neugierde und des Staunens (Michalik, 2002; Nießeler & Seichter, 2010), sie führt auch zu Selbsterkenntnis und Selbstreflexion (Michalik & Wittkowske, 2010).

Es fällt auf, dass zahlreiche überfachliche Kompetenzen, deren Förderung in der Literatur philosophischen Gesprächen zugeschrieben wird, gemäss verschiedener Bildungsorganisationen eine besondere Zukunftsrelevanz aufweisen. Die OECD (2018) prognostiziert, dass spezifisch menschliche Fähigkeiten wie Kreativität, Empathie, Kommunikation, Kooperation, Neugierde, kritisches Denken, Selbstreflexion oder die Fähigkeit, ethische Urteile zu fällen, zur Bewältigung der Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte entscheidend sein werden. Auch die Non-Profit-Organisation *Center for Curriculum Redesign* (CCR) betont die Bedeutung dieser überfachlichen Kompetenzen im 21. Jahrhundert und spricht sich für eine stärkere Fokussierung derselben aus (Fadel, Bialik & Trilling, 2015; Fadel, 2015).

In empirischen Untersuchungen konnten bereits einige der zuvor geäußerten theoretischen Annahmen zu Wirkungen philosophischer Gespräche belegt werden. So deuten Studien darauf hin, dass sich kognitive, argumentative, sprachliche und bestimmte soziale Fähigkeiten durch philosophische Gespräche positiv entwickeln. Viele Fragestellungen in Bezug auf den Erwerb von überfachlichen Kompetenzen sind jedoch noch offen und müssen in weiteren Forschungsarbeiten untersucht werden (vgl. Kapitel 1.6).

1.7.5 Begünstigung der Interessengenesse

Motivation und Interesse sind wichtige Einflussgrößen, welche zum Erfolg von Lernprozessen beitragen (Froiland & Oros, 2014; Hattie, 2010; Krapp, 1998; Lemos & Veríssimo, 2014; Potvin & Hasni, 2014; Schiefele & Krapp, 1993; Schiefele, Krapp & Schreyer, 1993) und durch verschiedene pädagogisch-didaktische Massnahmen und Methoden gefördert werden können. Die Kontextualisierung von

fachlichen Inhalten, also die Anknüpfung an die Lebenswelt der Lernenden sowie entdeckendes, problembasiertes und kollaboratives Lernen können die Entwicklung von Interesse begünstigen (Menthe & Parchmann, 2015; Potvin & Hasni, 2014). Nach der Münchner Interessentheorie lässt sich das Interesse in einen emotionalen und einen wertbezogenen Bestandteil aufteilen; die Beschäftigung mit dem Interessensgegenstand löst positive Gefühle aus und dieser erlangt für das Individuum subjektive Bedeutsamkeit (Krapp, 1992, 1998; Schiefele, 1991). Eben diese kann durch die Berücksichtigung der Erfahrungen und Vorstellungen der Schüler*innen im Unterricht erhöht werden:

Explicitly reflecting on our associations and intuitive beliefs deepens our engagement with the object of study and deepens the personal involvement with the educational content. This process can make scientific topics and abstract knowledge subjectively significant, and it can foster learning processes. (Dittmer & Gebhard, 2015, S. 95)

Die vermehrte Partizipation an ko-konstruktiven Unterrichtsgesprächen kann die Motivation und das Interesse der Lernenden ebenfalls steigern (Kiemer et al., 2015; Merzyn, 2008). Das Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen im Fachunterricht adressiert einige dieser Bedingungsfaktoren und kann somit die Entwicklung von motivationalen Aspekten positiv beeinflussen (Michalik, 2005, 2008b). In philosophischen Gesprächen werden die Vorstellungen, Ansichten und Erfahrungen der Schüler*innen ernst genommen und in den Unterricht integriert; die Reflexion und der Austausch der eigenen Vorstellungen verleiht den fachlichen Inhalten Sinn und Bedeutung (Combe & Gebhard, 2012). Neben dieser Anbindung an die Lebenswelt und die Gedanken der Schüler*innen unterstützt auch der ko-konstruktive Charakter philosophischer Gespräche die Motivation und das Interesse. Beide Aspekte ermöglichen ein Erleben von sozialer Eingebundenheit, Autonomie und Kompetenz, welche nach Deci und Ryan (1993; 2000) für Motivation verantwortlich sind.

Empirische Studien, in welchen der Einfluss des Philosophierens auf das Interesse an fachlichen Inhalten oder die Motivation untersucht wurden, existieren bisher kaum. Lediglich die im Kapitel 1.6.2 dargelegte Studie im Fach Mathematik impliziert, dass Freude und Beteiligung am Unterricht durch philosophische Gespräche positiv beeinflusst werden könnten (Daniel et al., 2003).

1.8 Fazit

Die Philosophie – genauer die Alltagsphilosophie, die informelle Philosophie oder das natürliche und elementare Philosophieren – ist auch Kindern und Jugendlichen zugänglich. Schüler*innen besitzen – so viele Autor*innen – nicht nur die Fähigkeit sich mit philosophischen Fragen auseinanderzusetzen, sie zeigen auch Interesse dafür (Goering et al., 2013; McCall, 2013; Nida-Rümelin & Weidenfeld, 2014). Das Philosophieren wird als elementare Kulturtechnik (Martens, 2003) und inhärentes Merkmal der Spezies Mensch betrachtet, was dessen Kultivierung in der Schule legitimiert. In einer komplexen, mehrdeutigen Welt soll die Philosophie eine Orientierungshilfe darstellen und die Reflexion gesellschaftlicher Zustände ermöglichen (Jehle, 2013). Weitere Erwartungen betreffen die Etablierung und Konsolidierung pluraler, demokratischer Gesellschaften, da die Philosophie Mündigkeit zum Ziel hat und nicht zuletzt als Bedingung für ein selbstbestimmtes, glückliches Leben betrachtet wird (García-Morión, 2009; Martens, 2010).

Eine vielversprechende und etablierte Methode der Beschäftigung mit philosophischen Fragen stellt der Unterrichtsansatz des Philosophierens mit Kindern dar, welcher auf das sokratische Gespräch zurückgeht. In zahlreichen empirischen Studien konnten die positiven Effekte des Philosophierens mit Kindern in verschiedensten Bereichen belegt werden (Michalik, 2018). Die Leitung philosophischer Gespräche erweist sich jedoch als anspruchsvolle Aufgabe, welche Lehrpersonen in eine ungewohnte Rolle versetzt. Sie sollen das Gespräch nicht kontrollieren oder steuern, sondern vielmehr den Gedanken der Schüler*innen folgen und durch Hebammenfragen eine vertiefte Reflexion ermöglichen (Haynes, 2008; Michalik, 2016).

In der Schule bietet es sich an, philosophischen Fragestellungen Raum zu geben, welche sich aufgrund fachlicher Inhalte ergeben. Es wird vermutet, dass dieses Philosophieren in den Fächern das Lernen vertieft und in den Augen der Schüler*innen sinnvoller erscheinen lässt (Knight & Collins, 2010; Suissa, 2009). Gestützt wird diese These durch Forschungsergebnisse zu ko-konstruktiven Klassengesprächen und dem Einbezug von Schüler*innenvorstellungen. Philosophische Gespräche im Fachunterricht können zudem die Integration und Reflexion verschiedener fachlicher Perspektiven ermöglichen, die Initiierung von Bildungsprozessen sowie die

Interessengenerierung unterstützen und zur Förderung verschiedener überfachlicher Kompetenzen beitragen (Michalik, 2013a, 2013b).

Bislang wurden kaum Untersuchungen durchgeführt, welche sich mit den Wirkungen des Philosophierens in den Fächern befassen. Das Forschungsvorhaben, mit welchem sich diese Arbeit beschäftigt, fokussiert deshalb bewusst diese nur spärlich empirisch erforschte Thematik.

2 Nature of science und (ethische) Urteilskompetenz als zentrale Elemente des Naturwissenschaftsunterrichts

Die Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Bildung wird im 21. Jahrhundert, welches durch naturwissenschaftliche Erkenntnisse und technologischen Fortschritt geprägt und gestaltet wird, kaum bestritten. Der Begriff der *scientific literacy* – im deutschsprachigen Raum häufig mit naturwissenschaftlicher Grundbildung übersetzt – wird in diesem Zusammenhang häufig genannt. Dahinter steckt die Idee, dass naturwissenschaftliches Wissen eine Kulturtechnik darstellt, welche die Partizipation in einer modernen Gesellschaft erst ermöglicht (Gebhard et al., 2017). Neben einem Grundverständnis von naturwissenschaftlichen Phänomenen fokussiert der Begriff auch naturwissenschaftliche Prozesse sowie ein (Meta-)Wissen über die Naturwissenschaften. Die OECD (2017) spricht im Rahmen von PISA von *content knowledge*, *procedural knowledge* und *epistemic knowledge*. Während das Wissen zu naturwissenschaftlichen Inhalten seit jeher ein selbstverständlicher Bestandteil des Unterrichts darstellte, gewinnen naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse und ihre Reflexion zunehmend an Bedeutung. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den Themen *nature of science* sowie (ethische) Urteilskompetenz, welche als Aspekte einer solchen Definition von *scientific literacy* betrachtet werden können. Die beiden Themen werden erläutert, da diese viele Anknüpfungspunkte für philosophische Gespräche bieten und deshalb für die vorliegende Studie eine hohe Relevanz aufweisen.

2.1 Nature of science

Naturwissenschaften wirken sich nahezu auf jeden Aspekt des Alltags aus und prägen so unser modernes Leben. Neue Erkenntnisse sowie der rasante technologische Fortschritt ergeben gesellschaftliche Implikationen, welche unser Denken, Fühlen und Handeln (heraus-)fordern (McComas, Almazroa & Clough, 1998). «However, despite this enormous effect, few individuals even have an elementary understanding how the scientific enterprise operates» (McComas, Almazroa et al., 1998, S. 511). In Anbetracht der unbestreitbaren Bedeutung der Naturwissenschaften scheint es erstaunlich, welche geringe Kenntnis durchschnittliche Individuen vom Wesen der Naturwissenschaften aufweisen. Dieses Defizit manifestiert sich regelmäßig im Diskurs zu politischen und gesellschaftlichen Themen – sei dies die

Klimaerwärmung, das Impfen, die Einführung von 5G, die Evolutionstheorie oder die Gentechnik, in welchem naturwissenschaftliche Erkenntnisse missinterpretiert, umgedeutet oder ignoriert werden: «At the foundation of many illogical decisions and unreasonable positions are misunderstandings of the character of science» (McComas, Clough & Almazroa, 1998, S. 3). Im Zeitalter von *fake news* und alternativen Wahrheiten, in welchem wir mit einer Fülle von leicht zugänglichen Informationen konfrontiert sind, gewinnt die Fähigkeit zur Beurteilung von Erkenntnisprozessen und der Glaubwürdigkeit von Äusserungen und Quellen an Signifikanz. Die zunehmende Spezialisierung macht es unmöglich, in jedem Wissensgebiet sachverständig zu sein, so dass die Abhängigkeit von Expert*innen zunimmt (Mayer & Rosman, 2016). Im politischen Diskurs werden wissenschaftliche Erkenntnisse oft selektiv rezipiert und strategisch im Sinne der eigenen Interessen eingesetzt. Die Basis für urteils- und handlungsfähige Bürger*innen bildet die Fähigkeit, wissenschaftliche und nicht wissenschaftliche Aussagen adäquat einschätzen zu können (Arndt, Billion-Kramer, Wilhelm & Rehm, 2019; Höttecke & Allchin, 2020). Nur wenn Arbeitsweise, Methoden und Grenzen der Naturwissenschaften erkannt werden und differenzierte epistemologische Überzeugungen vorhanden sind, ist ein lösungsorientierter Diskurs zu relevanten gesellschaftlichen Fragen und Herausforderungen möglich (Hofheinz, 2010). Es ist deshalb folgerichtig und erfreulich, dass das Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – im englischsprachigen Raum *nature of science* – im schulischen Kontext vermehrt Beachtung findet. Der Lehrplan 21 widerspiegelt diesen Trend und greift Aspekte von *nature of science* im Bereich ‘Wesen und Bedeutung von Naturwissenschaften’ und ‘Technik verstehen’ auf (D-EDK, 2016). Welche Inhalte das Konzept *nature of science* konstituieren, warum diese in den Unterricht integriert werden sollen und welche gängigen Schüler*innenvorstellungen existieren, wird in den folgenden Kapiteln erläutert. Diese Auslegeordnung ist wichtig, um die Bedeutung von *nature of science* für die vorliegende Studie nachvollziehen zu können. Ausserdem wird aufgezeigt, welche Rolle die Philosophie in diesem Themenbereich einnimmt. Die abschliessende Übersicht zu methodischen Möglichkeiten der Förderung von *nature of science* im Unterricht hilft dabei, das Potenzial philosophischer Gespräche besser einordnen zu können.

2.1.1 *Nature of science* als zentraler Bestandteil des Naturwissenschaftsunterrichts

Der Stellenwert der Naturwissenschaften sowie eines adäquaten Verständnisses von *nature of science* für das individuelle und gesellschaftliche Leben wurde bereits in der Einleitung illustriert. Trotz der Unschärfe des Begriffs *nature of science* ist die schulische Relevanz unstrittig (Hofheinz, 2010). Zahlreiche Autor*innen plädieren daher für eine Integration, weshalb deren Argumente im folgenden dargestellt werden sollen.

Dem lernpsychologischen Argument zufolge unterstützt das Wissen über *nature of science* das Lernen der Naturwissenschaften. So können beispielsweise differenzierte epistemologische Überzeugungen dazu führen, dass fachliche Konzepte besser erfasst und Veränderungen von einzelnen Fakten oder Theorien eher akzeptiert werden. Die Auseinandersetzung mit *nature of science* fördert daher das naturwissenschaftliche Lernen (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; McComas, Almazroa et al., 1998; McComas, Clough et al., 1998). Das lernpsychologische Argument wird auch im Kontext der *conceptual change* Forschung vermehrt diskutiert. So wird vermutet, dass differenzierte Ansichten zur Struktur und Entstehung von Wissen die Veränderung von vorhandenen Konzepten erleichtern (Duit & Treagust, 2003; Gropengießer & Marohn, 2018), was in verschiedenen Studien belegt werden konnte. Eine Untersuchung an deutschen Grundschulen impliziert, dass die Integration von erkenntnistheoretischen und wissenschaftstheoretischen Aspekten den Erwerb des naturwissenschaftlichen Wissens fördert (Grygier, Günther, Kircher, Sodian & Thoermer, 2003; Grygier, 2008; Grygier, Jonen, Kircher, Sodian & Thoermer, 2008). An griechischen Sekundarschulen wurde im Fach Physik in der zehnten Jahrgangsstufe der Zusammenhang von epistemologischen Überzeugungen und Physikverständnis in Bezug auf die Newtonschen Gesetze untersucht; die epistemologische Überzeugungen erwiesen sich als signifikanter Prädiktor (Stathopoulou & Vosniadou, 2007). Die Forschungsergebnisse zum Zusammenhang von *nature of science* und Verständnis der Evolutionstheorie werden im Kapitel 3.4.2 präsentiert und resultieren in ambivalenten Schlussfolgerungen.

Wissen über das Wesen der Naturwissenschaften ist gemäss dem Nützlichkeitsargument weiter notwendig, um diese zu verstehen und adäquat mit technischen Pro-

zessen und Objekten im Alltag umzugehen. Ein differenziertes Verständnis von *nature of science* hilft Individuen in ihrem Alltag ausserdem dabei, die Verlässlichkeit von Informationen und Expert*innen zu beurteilen (Driver et al., 1996). Als weitere Begründung für die Integration von *nature of science* in den Unterricht wird in der Literatur das demokratische Argument erläutert: Das Wissen über *nature of science* fördert die Fähigkeit der Bürger*innen, gut informierte Entscheidungen zu treffen (Driver et al., 1996; McComas, Almazroa et al., 1998; McComas, Clough et al., 1998). Das kulturelle Argument besagt, dass ein adäquates Verständnis von *nature of science* wichtig ist, um die Naturwissenschaften als zentrales Element der gegenwärtigen Kultur wertzuschätzen und zu fördern. (Driver et al., 1996). Das moralische Argument schliesslich fokussiert ethische Aspekte, welche die naturwissenschaftliche Forschung und Gemeinschaft betreffen. Erst das Verständnis von *nature of science* schafft ein Bewusstsein für diese Normen, welchen auch ausserhalb der Naturwissenschaften eine Bedeutung zukommt (Driver et al., 1996).

Nach McComas und Almazroa et al. (1998) sowie McComas und Clough et al. (1998) kann die Thematisierung von *nature of science* zudem das Verständnis der Naturwissenschaften im Allgemeinen verbessern. Personen können beispielsweise ein spezifisches Modell oder ein Gesetz verstehen, jedoch nicht, was ein Modell oder ein Gesetz in den Naturwissenschaften repräsentiert. Solche Fragen können im Unterricht im Rahmen von *nature of science* diskutiert und geklärt werden. Die genannten Autor*innen vertreten ausserdem die Ansicht, dass die Berücksichtigung menschlicher Einflussfaktoren sowie des Prozesses der Erkenntnisgewinnung das Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht erhöhen kann. Ein weiteres Argument bezieht sich ausschliesslich auf Pädagog*innen: Weisen Lehrpersonen profunde Kenntnisse in *nature of science* auf, kann dies die Fähigkeit zu didaktischen Entscheidungen unterstützen, welche einen Konzeptwechsel bei Schüler*innen fördern. Das Wissen über historische Entwicklungen von naturwissenschaftlichen Konzepten kann beispielsweise dabei helfen, das konzeptuelle Verständnis von Lernenden zu verstehen und dieses gezielt zu adaptieren und zu erweitern (McComas, Almazroa et al., 1998; McComas, Clough et al., 1998).

Kircher und Dittmer (2004) fügen den zuvor dargelegten Begründungen ein pädagogisches Argument hinzu, in welchem sie sich auf die epochaltypischen Schlüsselprobleme nach Klafki (1996) beziehen. Um diese epochaltypischen Schlüsselprobleme – wie beispielsweise die Verantwortung für das Biosystem unseres Planeten – zu lösen, sind nicht nur Naturwissenschaft und Technik relevant, sondern auch Lebensstile und Weltbilder, welche in der Schule reflektiert und beeinflusst werden sollen.

2.1.2 Charakterisierung des Konzeptes *nature of science*

«Mit dem Begriff *nature of science* wird ein Meta-Wissen über naturwissenschaftliches Wissen und naturwissenschaftliche Tätigkeiten bezeichnet» (Hofheinz, 2010, S. 9). Mithilfe des Konzeptes wird versucht, Schüler*innen – neben fachlichen Inhalten – adäquate Vorstellungen von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, Methodik, dem epistemologischen Status des Wissens, dem Einfluss von sozialen und gesellschaftlichen Faktoren sowie den Grenzen der Naturwissenschaften zu vermitteln (Heering & Kremer, 2018; Hofheinz, 2010; Marniok & Reiners, 2016). *Nature of science* widmet sich folglich erkenntnistheoretischen, wissenschaftstheoretischen, wissenschaftsethischen, wissenschaftshistorischen und soziologischen Fragen (Hofheinz, 2010). Über die genaue inhaltliche Definition des Begriffs besteht keine Einigkeit (Burkhard, 2006; Flick & Lederman, 2006; Khishfe & Lederman, 2006; Urahne, Kremer & Mayer, 2008). Nach Lederman, Bell, Schwartz und Abd-El-Khalick (2002) sind nicht nur naturwissenschaftliche Inhalte, sondern auch Konzepte zu *nature of science* dynamisch und veränderbar. Dennoch betonen verschiedene Autor*innen, dass bezüglich der zentralen im Unterricht zu vermittelnden Aspekte von *nature of science* ein Konsens herrscht (Flick & Lederman, 2006; McComas & Olson, 1998; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003).

Nach McComas und Olson (1998) ermöglichen vier Disziplinen Einblicke in *nature of science*: die Philosophie, die Soziologie, die Geschichte und die Psychologie. Die verschiedenen Disziplinen tragen – wie in Abbildung 1 ersichtlich – unterschiedlich zum Verständnis von *nature of science* bei; die Philosophie stellt dabei die wichtigste Bezugsdisziplin dar.

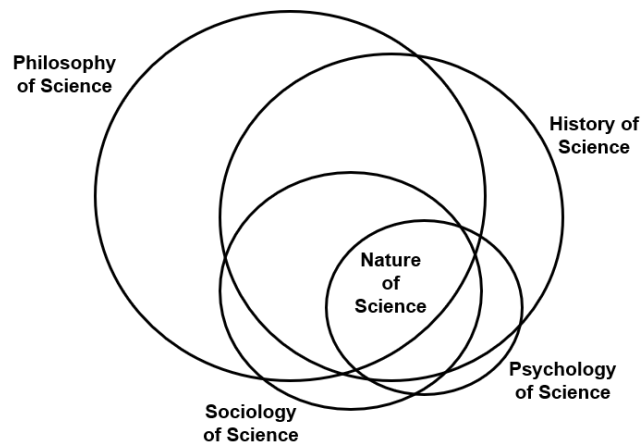


Abbildung 1: Komponenten von NOS nach McComas und Olson, 1998, S. 50.

In einer Studie untersuchten die Autor*innen die Empfehlungen zu *nature of science* in acht internationalen Bildungsdokumenten. Folgende Aspekte (vgl. Tabelle 4) – geordnet nach den bereits erwähnten vier Disziplinen – konnten als Konsens aus diesen Dokumenten entnommen werden (McComas & Olson, 1998):

Tabelle 4: *Konsensliste nach McComas und Olson, 1998*

Philosophie der Naturwissenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • Scientific knowledge while durable, has a tentative character. • Scientific knowledge relies heavily, but not entirely, on observation, experimental evidence, rational arguments, and scepticism. • There is no way to do science (therefore, there is no universal step-by-step scientific method). • Science is an attempt to explain natural phenomena. • Law and theories serve different roles in science, therefore students should note that theories do not become laws even with additional evidence.
Soziologie der Naturwissenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • People from all cultures contribute to science. • New knowledge must be reported clearly and openly. • Scientists require accurate record keeping, peer review and replicability.
Geschichte der Naturwissenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • The history of science reveals both an evolutionary and revolutionary character. • Science is part of social and cultural traditions. • Science and technology impact with each other. • Scientific ideas are affected by their social and historical milieu.
Psychologie der Naturwissenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • Observations are theory-laden. • Scientists are creative.

Osborne et al. (2003) versuchten, mithilfe der Delphi Methode konsensfähige Inhalte von *nature of science* zu eruieren, welche im Unterricht vermittelt werden

sollen. In der Untersuchung äusserten sich 23 Expert*innen aus verschiedenen Bereichen über drei Runden zum Thema, ohne sich dabei persönlich zu begegnen. Nach jeder Runde wurden die Antworten ausgewertet und zusammengefasst und den Expert*innen anschliessend wieder zur schriftlichen Kommentierung und Diskussion zur Verfügung gestellt. Nach der ersten Runde ergaben sich 30 Themen, welche den drei Kategorien *nature of scientific knowledge*, *methods of science* und *institutions and social practices in science* zugeordnet werden konnten. Am Ende der Studie wurden neun Themen von den Autor*innen als stabil und somit als Konsens definiert (vgl. Tabelle 5). Die Themen, welche an dieser Stelle nicht ausgeführt werden, zeigen deutliche Überschneidungen mit den eruierten Aspekten der Studie von McComas und Olson (1998).

Tabelle 5: *Konsensliste nach Osborne et al., 2003*

Nature of scientific knowledge	<ul style="list-style-type: none"> • Science and certainty • Historical development of scientific knowledge
Methods of science	<ul style="list-style-type: none"> • Scientific methods and critical testing • Diversity in scientific thinking • Analysis and interpretation of data • Hypothesis and prediction • Creativity • Science and questioning
Institutions and social practices in science	<ul style="list-style-type: none"> • Cooperation and collaboration

Osborne et al. (2003) betonen, dass die dargestellten Themen Interdependenzen aufweisen und somit nicht losgelöst unterrichtet werden sollen. Bei Betrachtung der Liste fällt auf, dass primär naturwissenschaftliche Methoden berücksichtigt wurden. Eine mögliche Interpretation dieses Ergebnisses liegt gemäss den Autor*innen darin, dass naturwissenschaftliche Methoden für den Unterricht von Schüler*innen in einem Alter von fünf bis sechzehn Jahren als besonders angemessene Grundlage beurteilt wurden. Eine weitere Erklärung besteht darin, dass die teilnehmenden Expert*innen Aspekte aus dem dritten Bereich als bereits in den übrigen Themenbereichen integriert sehen (Osborne et al., 2003).

Flick und Lederman (2006) bestätigen, dass es Uneinigkeit bezüglich des Inhaltes von *nature of science* unter Philosoph*innen sowie Naturwissenschaftler*innen gibt. Im pädagogischen Feld besteht – nach Meinung der Autoren – durchaus ein Konsens in zentralen Punkten. Aspekte von *nature of science*, welche im Unterricht

thematisiert werden, sollen einem solchen allgemeinen Konsens entspringen, für Lernende im Schulalter zugänglich und für alle Schüler*innen relevant sein (Flick & Lederman, 2006, xii). Aufgrund dieser Kriterien wurden sieben Aspekte von *nature of science* definiert, welche umgangssprachlich als *Lederman Seven* bekannt sind und in der Tabelle 6 vereinfacht dargestellt werden (Lederman et al., 2002).

Tabelle 6: *Zentrale Aspekte von nature of science nach Lederman et al., 2002*

-
- The empirical nature of scientific knowledge: Naturwissenschaft unterscheidet zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung.
 - Scientific theories and laws: Naturwissenschaft unterscheidet zwischen Theorien und Gesetzen.
 - The creative and imaginative nature of scientific knowledge: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung erfordert Vorstellungskraft und Kreativität.
 - The theory-laden nature of scientific knowledge: Die Arbeit von Naturwissenschaftler*innen wird durch subjektive Aspekte wie Überzeugungen, Vorwissen, Prägungen, Erwartungen usw. beeinflusst.
 - The social and cultural embeddedness of scientific knowledge: Naturwissenschaften sind sozial und kulturell eingebettet.
 - Myth of the scientific knowledge: Es existiert nicht die *eine* Methode, durch welche naturwissenschaftliche Erkenntnis gewonnen wird.
 - The tentative nature of scientific knowledge: Naturwissenschaftliches Wissen ist zwar glaubwürdig, aber niemals absolut sicher und somit vorläufig.
-

Lederman et al. (2014) differenzieren zudem zwischen *nature of science* und *scientific inquiry*, auch wenn beide Begriffe häufig synonym verwendet werden und gemäss den Autor*innen Abhängigkeiten bestehen. Während *scientific inquiry* den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung fokussiert, bezieht sich *nature of science* auf das Produkt dieses Prozesses, auf das naturwissenschaftliche Wissen. Lederman et al. (2014) definierten auch für den Bereich der *scientific inquiry* sieben zentrale Aspekte, welche in der Tabelle 7 dargestellt sind.

Tabelle 7: *Zentrale Aspekte von scientific inquiry nach Lederman et al., 2014*

-
- Scientific investigations all begin with a question and do not necessarily test a hypothesis.
 - There is no single set or sequence of steps followed in all investigations.
 - Inquiry procedures are guided by the questions asked.
 - All scientists performing the same procedures may not get the same results.
 - Inquiry procedures can influence results.
 - Research conclusions must be consistent with the data collected.
 - Scientific data are not the same as scientific evidence.
 - Explanations are developed from a combination of collected data and what is already known.
-

Kircher und Dittmer (2004) unterteilen die Natur der Naturwissenschaften in drei Bereiche: Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie und Ethik. Der erkenntnistheoretische Bereich beschäftigt sich mit dem Verhältnis von Naturwissenschaften und

Wirklichkeit und der Beschaffenheit der naturwissenschaftlichen Erkenntnis. Die Wissenschaftstheorie stellt Fragen zur Konstitution der Naturwissenschaften, zu ihrer Entwicklung, ihren Vorgehensweisen und Erklärungsmustern. Die wissenschaftsethische Perspektive beleuchtet die ethische Dimension des naturwissenschaftlichen Wissens. Es wird deutlich, dass in dieser Definition wissenschaftssoziologische Aspekte grösstenteils fehlen (Hofheinz, 2010). Zugleich werden ethische Aspekte, welche in den bisher dargestellten Konsenslisten nicht genannt wurden, explizit in das Konzept integriert. Die Tabelle 8 zeigt die Unterteilung nach Kircher und Dittmer (2004, S. 19), welche sich auf den Physikunterricht bezieht.

Tabelle 8: Überblick zu *nature of science* nach Kircher und Dittmer, 2004

Erkenntnistheorie	<ul style="list-style-type: none"> • Realismus • Pragmatismus/ Instrumentalismus • Was ist die Wahrheit der Physik? • Naturwissenschaften und Realität
Wissenschaftstheorie	<ul style="list-style-type: none"> • Methodologie der Physik • Modell, Theorie, Experiment • Was sind Naturwissenschaften? • Begriffliche und methodologische Struktur der Naturwissenschaften
Ethik	<ul style="list-style-type: none"> • Wissenschaftsethik • Technikethik/ Bioethik • Wieviel Technik braucht der Mensch? • Erhaltung des Biotops Erde

Ein weiterer Ansatz zur Beschreibung von *nature of science* ist der *Family Resemblance Approach*, welcher auf Irzik und Nola (2014) zurückgeht. Naturwissenschaftliche Disziplinen sind demnach wie Familien; sie weisen Ähnlichkeiten und viele Übereinstimmungen auf, sie teilen jedoch nicht alle Eigenschaften. Während dem Sammeln von Daten oder dem Ziehen von Schlussfolgerungen in allen Naturwissenschaften eine Bedeutung zukommt, trifft dies beispielsweise auf Experimente nicht zu (Dagher & Erduran, 2016; Heering & Kremer, 2018; Irzik & Nola, 2011, 2014). Irzik und Nola (2014) gliedern *nature of science* in zwei Bereiche mit jeweils vier Kategorien, wie dies die Tabelle 9 darlegt.

Tabelle 9: *Family Resemblance Approach* nach Irzik und Nola, 2014

Science as a Cognitive-Epistemic System				Science as a Social System			
Processes of inquiry	Aims & Values	Methods & Methodological Rules	Scientific knowledge	Professional activities	Scientific Ethos	Social Certification & Dissemination of Scientific Knowledge	Social Values

Die Autoren erläutern ihre Beschreibung der Naturwissenschaften folgendermaßen:

Science is a cognitive and social system whose investigative activities have a number of aims that it tries to achieve with the help of its methodologies, methodological rules, system of knowledge certification and dissemination in line with its institutional social-ethical norms, and when successful, ultimately produces knowledge and serves society. (Irzik & Nola, 2014, S. 1014)

Die Naturwissenschaften bilden eine Familie und weisen gemeinsame Eigenschaften auf, welche sich unter die acht Kategorien subsumieren lassen. Dabei zeigen sich aber lediglich Überschneidungen und keine völligen Übereinstimmungen zwischen den Disziplinen. Die Stärke des Ansatzes liegt gemäss den Autoren darin, dass die soziale Einbettung von Naturwissenschaften auf neue Art und Weise dargestellt wird und es sich um offene Kategorien und keine festgelegten Listen handelt. Der Ansatz wird somit den Differenzen der naturwissenschaftlichen Disziplinen gerecht und kann zugleich deren Einheit aufzeigen (Irzik & Nola, 2014).

Dagher und Erduran (2016) erweiterten den *Family Resemblance Approach* und fügten der Darstellung von Irzik und Nola (2014) drei weitere Kategorien hinzu, welche ihnen für den Lehrplan wichtig schienen: *social organizations and interactions*, *political power structure* und *financial systems*. Militärische oder wirtschaftliche Organisationen, bestimmte politische Machtstrukturen oder die bewusste Lenkung von finanziellen Mitteln beeinflussen, wie und welche naturwissenschaftliche Forschung stattfindet. Das daraus resultierende Rahmenmodell in Form eines Rades, welches in Abbildung 2 dargestellt ist, macht die Abhängigkeit des naturwissenschaftlichen Unternehmens von gesellschaftlichen Einflüssen sichtbar.

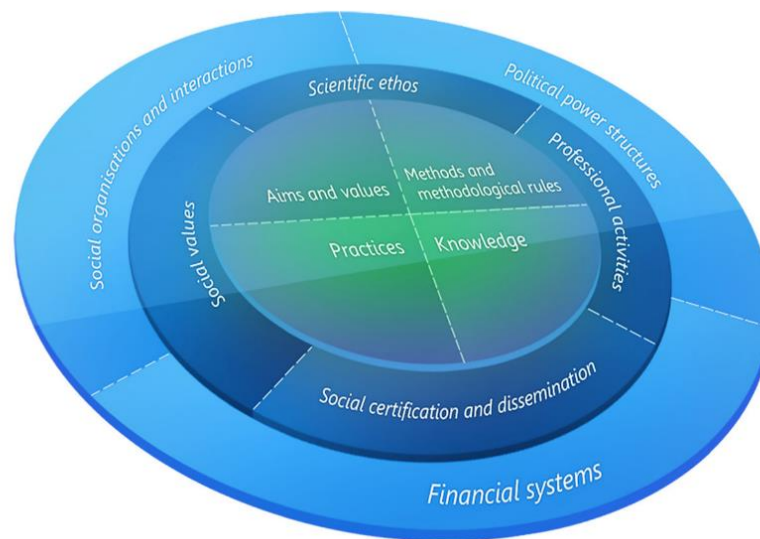


Abbildung 2: Rahmenmodell zu *nature of science* nach Dagher und Erduran, 2016, S. 155.

Nach Dagher und Erduran (2016) stellt das Rahmenmodell – im Gegensatz zu den traditionellen Konsenslisten – eine holistische Sicht auf *nature of science* dar, welches die gegenseitige Einflussnahme der Bereiche widerspiegelt.

Die dargestellten Konsenslisten, welche *nature of science* durch die Aufzählung von einzelnen Merkmalen beschreiben, sowie der *Family Resemblance Approach*, lösen bei manchen Autor*innen Kritik aus (Arndt, Billion-Kramer, Willhelm & Rehm, 2020). Für Allchin (2017) stellen solche Listen eine idealisierte und simplifizierte Version der Naturwissenschaften dar, die zu einem rein deskriptiven Wissen führen und Schüler*innen nicht vollständig auf eine Anwendung in realen Situationen vorbereiten können. Der Autor betont die Bedeutung der Kontextualisierung der Aspekte von *nature of science*, so dass Schüler*innen diese im Alltag einsetzen können. *Nature of science* soll explizit unterrichtet werden, wobei die Lernenden mithilfe von Fragen in ihrer Reflexion angeleitet werden sollen. Am effektivsten sind dabei offene, authentische Problemstellungen, welche eine Analyse erfordern und keine einfachen, eindeutigen Antworten bieten. Die Lehrperson fungiert dabei nicht als absolute Autorität, sondern unterstützt und begleitet die Schüler*innen in ihrer Analyse (Allchin, 2011). Diese sollen zu lebenslangen *nature of science* Lerner*innen werden und die Fähigkeiten erwerben, die richtigen Fragen in Bezug auf die Thematik zu stellen, da das Konstrukt nicht als klar begrenzt und abgeschlossen gelten kann (Allchin, 2012). Das Ziel besteht darin, Schüler*innen

auf ihre Rolle als Bürger*innen und Konsument*innen vorzubereiten, welche gegenüber (natur-)wissenschaftlichen Belegen und ihren sozialen Kontexten aufmerksam sind, diese analysieren und gut informierte persönliche und gesellschaftliche Entscheidungen treffen können (Allchin, 2017). Das Verständnis von *nature of science* kann durch zeitgenössische und insbesondere historische Fallbeispiele, in welchen soziale und kulturelle Einflüsse sichtbar werden, ganzheitlich gefördert werden (Allchin, 2011; Allchin, Møller Andersen & Nielsen, 2014; Allchin, 2014). Dieser holistische Ansatz wird als *nature of Whole Science* bezeichnet (Heering & Kremer, 2018).

Die Darstellung der verschiedenen Ansätze zu *nature of science* macht deutlich, dass dieser Begriff eine gewisse Offenheit und Unschärfe aufweist. Bezüglich der Inhalte des Konzeptes zeigen sich in den verschiedenen Ansätzen starke Überschneidungen. Uneinigkeit besteht darin, wie diese Inhalte in den Schulunterricht integriert werden sollen, um eine nachhaltige Wirkung zu entfalten. Streitpunkte bilden dabei die Fragen, inwiefern eine Elementarisierung von *nature of science* mithilfe von Konsenslisten sinnvoll und in welcher Form eine Kontextualisierung notwendig ist.

2.1.3 Epistemologische Überzeugungen als Aspekt von *nature of science*

Im Kontext von *nature of science* tritt häufig der Terminus der epistemologischen Überzeugungen in Erscheinung. «Epistemologische Überzeugungen bezeichnen individuelle subjektive Ansichten, Auffassungen und Theorien über die Genese, Ontologie, Bedeutung, Rechtfertigung und Gültigkeit von Wissen in den Wissenschaften» (Priemer, 2006, S. 160). Es besteht ein weitgehender Konsens darüber, dass es sich dabei um ein multidimensionales Konstrukt handelt (Mayer & Rosman, 2016). Aus welchen Dimensionen sich das Konstrukt zusammensetzt, ist aber nach wie vor Thema des wissenschaftlichen Diskurses (Conley, Pintrich, Vekiri & Harrison, 2004). Nach Hofer und Pintrich (1997) existieren vier Dimensionen, welche sich in zwei Bereiche gliedern lassen. Die Sicherheit des Wissens und die Komplexität des Wissens bilden Aspekte der Struktur des Wissens; die Quelle des Wissens sowie die Rechtfertigung des Wissens widerspiegeln die Struktur des Wissenserwerbs. Epistemologische Überzeugungen können demnach als Vorstellungen zur Struktur des Wissens und des Wissenserwerbs beschrieben werden.

Nach Mayer und Rosman (2016) bedarf das Konstrukt einer domänenspezifischen und kontextspezifischen Ausdifferenzierung, da Überzeugungen vom wissenschaftlichen Fachbereich und dem jeweiligen Wissensthema abhängig sind. Handelt es sich um Vorstellungen zur Struktur des Wissens und des Wissenserwerbs in den Naturwissenschaften, werden epistemologischen Überzeugungen häufig als Ansichten zu *nature of science* bezeichnet. Eine klare Abgrenzung der Begriffe ist oftmals nicht möglich, so dass diese in zahlreichen Untersuchungen synonym verwendet werden (Priemer, 2006). Der vorliegenden Untersuchung liegt dieses Verständnis von epistemologischen Überzeugungen zugrunde. Diese werden somit als Aspekt von *nature of science* betrachtet.

Differenzierte epistemologische Überzeugungen sind nach Urahne und Hopf (2004) ein zentraler Aspekt der naturwissenschaftlichen Grundbildung. Schüler*innen sollen sich mit der Veränderbarkeit des Wissens, mit den Methoden der Erkenntnisgewinnung sowie mit den Grenzen der Wissenschaft auseinandersetzen. Die meist intuitiven Vorstellungen zu Wissen und Wissenserwerb beeinflussen – wie dies im Kapitel zu *nature of science* bereits angetönt wurde – das Lernen von Schüler*innen sowie ihren Umgang mit wissenschaftlichen Erkenntnissen im Alltag (Mayer & Rosman, 2016; Urahne & Hopf, 2004).

2.1.4 (Fehl-)Vorstellungen zu *nature of science*

Die Vorstellungen zu Naturwissenschaften, welche unter Schüler*innen als auch in der gesamten Bevölkerung verbreitet sind, erweisen sich oft als unzureichend und undifferenziert (Billion-Kramer, 2021; Ertl, 2010; Hammann & Asshoff, 2014; Höttecke, 2004; Khishfe & Lederman, 2006; Marniok & Reiners, 2016; McComas, 1998; Urahne et al., 2008). Das Bild der Naturwissenschaften wird wesentlich durch die Medien beeinflusst und ist geprägt von stereotypen Vorstellungen (Gebhard et al., 2017; Höttecke, 2004). Auch wenn das Wesen der Naturwissenschaften in der Schule nicht explizit thematisiert wird, werden unwillentlich bestimmte Vorstellungen transportiert. Naturwissenschaftliches Wissen wird fälschlicherweise oft als unveränderlich, eindeutig und sicher bewertet (Driver et al., 2000; Höttecke, 2004). Marniok und Reiners (2016) kommen nach einer Analyse von deutschsprach-

chigen Chemielehrmitteln zum Schluss, dass zahlreiche Defizite bestehen, die aufgearbeitet werden müssen. In keinem einzigen Lehrmittel wurden alle von ihnen definierten Aspekte von *nature of science* thematisiert.

McComas (1998) beschreibt 15 Fehlvorstellungen oder Mythen zu *nature of science*, welche als weit verbreitet gelten können. Diese Liste ist – wie der Autor betont – nicht vollständig, kann von Lehrpersonen jedoch als Ausgangspunkt für die Unterrichtsanalyse und -planung eingesetzt werden. Die Fehlvorstellungen werden in der Tabelle 10 dargestellt (McComas, 1998, S. 54–68).

Tabelle 10: *Verbreitete Fehlvorstellungen zu nature of science nach McComas, 1998*

-
- Hypotheses become theories that in turn become laws.
 - Scientific laws and other such ideas are absolute.
 - A hypothesis is an educated guess.
 - A general and universal scientific method exists.
 - Evidence accumulated carefully will result in sure knowledge.
 - Science and its methods provide absolute proof.
 - Science is procedural more than creative.
 - Science and methods can answer all questions.
 - Scientists are particularly objective.
 - Experiments are the principal route to scientific knowledge.
 - Scientific conclusions are reviewed for accuracy.
 - Acceptance of new scientific knowledge is straightforward.
 - Science models represent reality.
 - Science and technology are identical.
 - Science is a solitary pursuit.
-

McComas (1998) spricht sich dezidiert dafür aus, die Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu hinterfragen. «Both students and those who teach science must focus on the nature of science itself rather than just its facts and principles» (S. 68). Nur durch die explizite Thematisierung von *nature of science* können inadäquate Vorstellungen aus der ausserschulischen Lebenswelt angepasst und die Akquisition von solchen Konzepten im Unterricht verhindert werden. Kircher und Dittmer (2004) nennen drei Gründe für den fehlenden Fokus auf Aspekte von *nature of science* im Unterricht: Das Thema ist komplex, Vorstellungen zu *nature of science* sind vorläufig und Lehrpersonen ist die Materie eher fremd. Der letzte Punkt lässt sich – gemäss den Autoren – auch darauf zurückführen, dass Aspekten von *nature of science* in der Ausbildung der Lehrpersonen zu wenig Beachtung geschenkt wird.

2.1.5 Förderung von *nature of science* im Unterricht

Unabhängig davon, ob eine Lehrperson dies intendiert, entwickeln Schüler*innen implizit ein Bild vom Wissen und der Arbeitsweise in den Naturwissenschaften. Man kann folglich *nature of science* nicht *nicht* unterrichten (Hofheinz, 2010). Das Verständnis von *nature of science* kann implizit oder explizit vermittelt werden. Implizit bedeutet, dass das Lernen beiläufig und ohne direkte Thematisierung stattfindet. Hofheinz (2010) schreibt dazu: «Ein rein impliziter Erwerb von Wissen über *nature of science* ist ohne reflexives Moment vermutlich nicht möglich» (S. 13). Es ist deshalb sinnvoll, Aspekte von *nature of science* – möglichst in Verbindung mit Inhalten des Unterrichts – zu thematisieren (Hofheinz, 2010). Im Folgenden wird eine Übersicht von verschiedenen didaktischen Ansätzen und Methoden nach Gebhard et al. (2017) dargestellt.

Unsichere Evidenz im Klassenraum: Wenn Lehrpersonen oder Schüler*innen experimentieren oder Versuche durchführen, können diese unterschiedliche Befunde ergeben. Die Klasse kann darüber ins Gespräch kommen, wie Naturwissenschaftler*innen in solchen oder ähnlichen Situationen handeln würden und welche Ursachen zugrunde liegen (Gebhard et al., 2017; Ruhrig & Höttecke, 2014).

Forschend-entdeckendes Lernen: Die Schüler*innen werden in diesem Ansatz mit offenen und anspruchsvollen naturwissenschaftlichen Problemen konfrontiert. Die Lernenden arbeiten in Gruppen, bearbeiten die Problemstellungen und imitieren dabei den naturwissenschaftlichen Forschungsprozess. Sie planen ihre eigenen Untersuchungen, realisieren Beobachtungen und Experimente, verwenden entsprechende Messinstrumente und analysieren und diskutieren ihre Ergebnisse (Gebhard et al., 2017; Höttecke, 2010).

Black-Box-Experimente: In einer Schachtel oder eben einer Box wird ein Gegenstand platziert. Schüler*innen können nun – beispielsweise mit einer Stricknadel – das Objekt untersuchen, ohne dass ihnen dieses direkt zugänglich wäre. Die Tätigkeit kann die Schwierigkeiten im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess widerspiegeln, welche mit Schüler*innen anhand des Beispiels reflektiert werden können (Billion-Kramer, 2021; Gebhard et al., 2017; Heitzmann, 2010).

Szenische Dialoge: In szenischen Dialogen treffen historische Naturwissenschaftler*innen aufeinander, um Gedanken und Ideen auszutauschen. Solche Dialoge können verdeutlichen, dass Beobachtungen und Belege unterschiedlich interpretiert werden können und der kulturelle und historische Kontext einen Einfluss auf naturwissenschaftliche Erkenntnis ausübt (Gebhard et al., 2017).

Historische Fallstudien: Durch Fallstudien können die Prozesse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung an realen Beispielen nachvollzogen werden. So wird ersichtlich, dass sich naturwissenschaftliche Erkenntnis nicht zwangsläufig ergibt und von vielen verschiedenen Faktoren abhängt. Historische Problemstellungen können dabei – analog zum forschend-entdeckenden Lernen – zunächst von den Schüler*innen erarbeitet werden (Allchin, 2011, 2014; Gebhard et al., 2017).

Zeitgenössische Fallbeispiele: Im Unterricht können – neben historischen Fallbeispielen – auch Fragen und Konflikte der aktuellen Forschung thematisiert werden. Der Vorteil besteht dabei in der Zugänglichkeit und Aktualität, welche für die Schüler*innen attraktiv sind. Zugleich können viele zentrale Faktoren, welche relevant sind, noch nicht wahrgenommen oder abgeschätzt werden (Allchin, 2014; Gebhard et al., 2017).

Vexierbilder oder Sinnestäuschungen: Beobachtungen oder Daten werden im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess interpretiert. Dies geschieht auf der Grundlage von vorhandenen Denkschemata, welche somit eine starke subjektive Komponente enthalten. Sinnestäuschungen können zum Anlass werden, über Sinneswahrnehmungen und Beobachtungen und die damit verbundenen Herausforderungen nachzudenken (Gebhard et al., 2017).

Explizit wissenschaftstheoretischer Unterricht: Die Wissenschaftstheorie beschäftigt sich mit Fragen zu Methoden, Zielen und Bedingungen der wissenschaftlichen Forschung. Diese Grundlagen können im Unterricht explizit erarbeitet und reflektiert werden. Es ist jedoch sinnvoll, diese expliziten Reflexionen an Inhalte und Handlungen zu knüpfen (Gebhard et al., 2017). Die explizite Thematisierung von Aspekten von *nature of science* kann beispielsweise durch einen *Reflection Corner* im Schulzimmer unterstützt werden. Im Klassenraum wird eine Ecke mit Visualisierungsmöglichkeiten eingerichtet, welche das Einnehmen einer Metaperspektive fördern soll. An geeigneten Stellen kann der Unterricht unterbrochen und

der Fokus auf die besagte Ecke gerichtet werden, um eine bewusste Reflexion anzuregen (Billion-Kramer, 2021; Höttecke & Barth, 2011).

2.2 (Ethische) Urteilskompetenz

Die Förderung der (ethischen) Urteilskompetenz stellt in vielen Lehrplänen ein Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts dar, da naturwissenschaftliche Forschung persönliche, gesellschaftliche und politische Implikationen aufweist, deren Beurteilung und Reflexion Bedingung für eine Partizipation an demokratischen Prozessen darstellt. In der Schweiz wird dieser Aspekt in den Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften, welche von der schweizerischen Konferenz der Erziehungsdirektoren (EDK) im Jahr 2011 verabschiedet wurden, im Handlungsaspekt «Einschätzen und Beurteilen» abgedeckt (Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren [EDK], 2011). Der Lehrplan 21 greift diesen Teilbereich im Handlungsaspekt «Sich in der Welt orientieren» wieder auf (D-EDK, 2016). In Deutschland wird von Bewertungskompetenz gesprochen, welche in den nationalen Bildungsstandards für den naturwissenschaftlichen Unterricht enthalten ist (Gebhard et al., 2017).

Die Urteilskompetenz kann sich grundsätzlich auf innerfachliche und überfachliche Fragen beziehen (Gebhard et al., 2017). Wenn naturwissenschaftliche Themen die persönliche Lebensführung oder politische und gesellschaftliche Problemstellungen betreffen, sind Fragen nach Werten und Normen involviert, so dass von ethischer Urteilskompetenz gesprochen werden kann. Im naturwissenschaftlichen Unterricht existieren bereits Kompetenzmodelle, welche diese genauer beschreiben. Das Oldenburger Modell unterteilt die Bewertungskompetenz in acht Teilbereiche: das Wahrnehmen und Bewusstmachen der eigenen Einstellung, das Wahrnehmen und Bewusstmachen moralischer Relevanz, das Beurteilen, die Folgenreflexion, das Urteilen, das Argumentieren, der Perspektivenwechsel und das ethische Basiswissen (Alfs & Höhle, 2013; Bögeholz, Höhle, Langlet, Sander & Schlüter, 2004; Höhle & Bayrhuber, 2006; Reitschert, Langlet, Höhle, Mittelsten-Scheid & Schlüter, 2007; Reitschert & Höhle, 2007). Das Göttinger Kompetenzmodell, welches sich mit Bildung im Bereich der nachhaltigen Entwicklung befasst, nennt vier zentrale Teilkompetenzen: das Generieren und Reflektieren von Sachinformationen,

das Bewerten, Entscheiden und Reflektieren, das Kennen und Verstehen von Werten und Normen und das Kennen und Verstehen von nachhaltiger Entwicklung (Bögeholz et al., 2004; Eggert & Bögeholz, 2006).

Darüber hinaus finden sich zahlreiche Unterrichtsmethoden zur Förderung der ethischen Urteilskompetenz, welche sich nicht explizit am naturwissenschaftlichen Unterricht orientieren. Verbreitet sind die Dilemma-Diskussionen von Lawrence Kohlberg (1984), welche auf seiner Stufentheorie der moralischen Entwicklung beruhen. Durch die Diskussion von moralischen Dilemmata, in welchen jeweils zwei Handlungsmöglichkeiten mit konkurrierenden Werten zur Wahl stehen, sollen die Lernenden auf eine höhere moralische Stufe gelangen (Patry & Weinberger, 2004). Georg Lind trug massgeblich zur Weiterentwicklung der Dilemma-Diskussionen bei und entwickelte die Konstanzer Methode, in welcher er Lawrence Kohls Praxis adaptierte (Lind, 2015). Ein vielversprechender Ansatz stellt auch das Unterrichtsmodell VaKE (Values and Knowledge Education) dar. Es basiert ebenfalls auf den Dilemma-Diskussionen von Kohlberg, kombiniert aber Werteerziehung und Wissenserwerb. Die Dilemma-Geschichten sollen die ethische Urteilskompetenz verbessern und zugleich das Erlernen von neuen fachlichen Inhalten befördern. In einem Unterrichtsfach wird ein Dilemma präsentiert, welches die Schüler*innen mit ihrem aktuellen Wissensstand nicht bearbeiten können. Nach einer ersten Diskussion folgt daher eine Phase der Informationssuche, welche sich am konstruktivistischen Lernen orientiert und in Gruppen stattfindet. Die gewonnenen Informationen werden ausgetauscht, so dass diese in eine erneute Diskussion einfließen können. Sofern weitere fachliche Informationen fehlen, werden diese Schritte beliebig wiederholt. Anschliessend findet eine Synthese der Informationen statt, bevor in einer Phase der Generalisierung ein weiteres, aber verwandtes Thema diskutiert wird (Patry, Weyringer & Weinberger, 2007; Patry, 2007; Patry, Weyringer & Weinberger, 2010; Weinberger, Kriegseisen, Loch & Wingelmüller, 2003; Weinberger, Patry & Weyringer, 2008). In einer Studie zeigte sich, dass Schüler*innen durch einen VaKE Unterricht zwar nicht mehr Faktenwissen erlernen konnten als Lernende in einem Unterricht, der auf Instruktion basiert, sich aber die Anwendbarkeit des Wissens verbesserte (Weinberger et al., 2008).

2.3 Fazit

Die gesellschaftliche Relevanz naturwissenschaftlicher Bildung ist weitgehend unbestritten. Um in einer Gesellschaft, welche von einem hohen Grad an Spezialisierung und rasantem naturwissenschaftlichen und technologischen Fortschritt geprägt ist, urteils- und handlungsfähig zu sein, braucht es mehr als ein Grundverständnis von zentralen Konzepten. Als unerlässlich erweist sich die Fähigkeit, Wissen und naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu reflektieren und (ethische) Sachverhalte zu beurteilen (Arndt et al., 2019; McComas, Almazroa et al., 1998). Die Beschäftigung mit ethischen Fragen im naturwissenschaftlichen Unterricht scheint bereits verbreitet, was sich in zahlreichen Modellen und Methoden zur Förderung der Bewertungskompetenz manifestiert. Das Lernen zu *nature of science* gewinnt – gerade auch mit Einführung des Lehrplans 21 – an Bedeutung, was sich zukünftig – so ist zu hoffen – im Unterricht widerspiegelt. Bisher weisen sowohl Schüler*innen als auch Lehrpersonen häufig ein unzureichendes Verständnis von *nature of science* auf (Höttecke, 2001; Kremer & Mayer, 2013; Urhahne et al., 2008). Ein differenziertes Verständnis von *nature of science* erleichtert das Lernen in den Naturwissenschaften und ist beispielsweise für die Akzeptanz der Evolution zentral (Driver et al., 1996; McComas, Clough et al., 1998; Stathopoulou & Vosniadou, 2007).

Unter Naturwissenschaftsdidaktiker*innen besteht ein tragfähiger Konsens darüber, welche Aspekte *nature of science* konstituieren und im Unterricht thematisiert werden sollen (Osborne et al., 2003). Über die Form der Darlegung und Thematisierung dieser Aspekte findet jedoch durchaus eine Diskussion statt. So sehen sich Konsenslisten, welche *nature of science* elementarisieren, zunehmend Kritik ausgesetzt. Letztlich scheint aber allen Autor*innen bewusst zu sein, dass ein Verständnis von *nature of science* nicht durch ein Auswendiglernen, sondern eine Reflexion von Aspekten in Verbindung mit fachlichen Inhalten und Handlungen zustande kommt. Dennoch erschweren die Unschärfe, Vielseitigkeit und Komplexität des Begriffs die Erforschung von Zusammenhängen, da häufig unklar bleibt, welche Aspekte von *nature of science* sich als wirkmächtig erweisen.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Aspekten von *nature of science* im Zusammenhang mit Evolutionsunterricht und fokussiert dabei erkenntnistheoretische Fragen,

da diese bislang – im Gegensatz zu ethischen Herausforderungen – wenig Beachtung im Unterricht erfahren. Die bisherige Forschung, welche die mangelnde Kenntnis von Schüler*innen in diesem Bereich sowie die mangelnde Umsetzung im Unterricht belegt, macht deutlich, dass im Naturwissenschaftsunterricht auch über neue oder ergänzende Ansätze zur Reflexion von Aspekten der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung nachgedacht werden muss. Das Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen bietet hier vielversprechende Anknüpfungspunkte.

3 Evolution in der Schule

Die zentrale Bedeutung der Evolutionstheorie für die Biologie und darüber hinaus widerspiegelte sich bislang nicht im Unterricht an Schweizer Schulen. Die Marginalisierung des Themas zeigt Wirkung; das Wissen über die Evolution in der Bevölkerung ist gering, die Akzeptanz nicht zufriedenstellend, wie dies Untersuchungen nahelegen. Dieses Kapitel fokussiert daher das Verständnis und die Akzeptanz der Evolution in Schule und Gesellschaft. Um eine adäquate Einordnung des Forschungsdiskurses zu ermöglichen, findet zu Beginn eine Auseinandersetzung mit der Bedeutung der Evolutionstheorie für die Biologie und ihren Stellenwert an Schweizer Sekundarschulen statt. Die anschliessende Thematisierung von Schwierigkeiten und Herausforderungen im Bereich der Begrifflichkeiten und Messinstrumente unterstützt die Interpretation der zahlreichen Untersuchungen, welche dargelegt werden, um zentrale Einflussfaktoren für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution zu eruieren. Eine übersichtliche Zusammenfassung aller ausgeführten Studien findet sich am Ende des Kapitels in Tabelle 11.

3.1 Die Bedeutung der Evolution für den Biologieunterricht und ihre Stellung in der Sekundarstufe 1

Die Evolutionstheorie stösst – obwohl unter Naturwissenschaftler*innen unbestritten – auch 210 Jahre nach Erscheinung von Darwins Werk *Über die Entstehung der Arten* auf Widerstand und führt zu gesellschaftlichen Kontroversen. So stimmten im Jahr 2005 lediglich 60% der Schweizer*innen der Aussage «Menschen, so wie wir sie kennen, haben sich aus früheren Tierarten entwickelt» zu (Miller, Scott & Okamoto, 2006). Dass bis zu 40% der Bevölkerung Zweifel an Aspekten der Evolutionstheorie hegen, verwundert in Anbetracht des Stellenwerts des Themas im naturwissenschaftlichen Unterricht der Volksschule wenig. Die Evolutionstheorie war in der Schule – politisch durch Lehrpläne legitimiert – bislang kaum existent. In einigen Kantonen der Schweiz war die Thematik nicht Teil des Lehrplans, in anderen wiederum wurde diese marginalisiert. Schöpfungsmythen hingegen wurden häufig explizit im Lehrplan erwähnt (Wilhelm, 2007). Ein beträchtlicher Teil der Bevölkerung kam so – wenn überhaupt – ausschliesslich durch ausserschulische Quellen in Kontakt mit der Evolutionstheorie. Da Akzeptanz und Verständnis der Evolution zusammenhängen (vgl. Kapitel 3.3.1), ist es vermutlich diesem Umstand

geschuldet, dass sich die Evolutionstheorie nur langsam in breiteren Bevölkerungskreisen etablieren konnte. Diese Absenz der Evolution ist überdies dafür verantwortlich, dass keine schweizerischen Untersuchungen zum Thema auf der Volksschule vorliegen. Dass Uneinigkeit darüber besteht, wie die Evolution unterrichtet werden soll, zeigte sich in der Kontroverse um das Lehrmittel *NaturWert* des Berner Schulverlags. Im Kapitel «Schöpfung und Evolution – Entstehung des Lebens» wurden – gemäss Kritiker*innen – die Evolution und der Schöpfungsglaube im Sinne des Kreationismus als gleichwertige Sichtweisen dargestellt, ohne deren spezifisches Erkenntnispotenzial einzuordnen (Graf & Lammers, 2011).

Die Opposition und Unkenntnis erweisen sich aus vielerlei 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. Die Evolutionstheorie ist jedoch auch für die Deutung weiterer Phänomene und somit für den mündigen Umgang mit verschiedenen Themen von individueller und gesellschaftlicher Relevanz essenziell. Evolutionäre Vorgänge sind beispielsweise für gesundheitliche Fragen wie Impfungen, Antibiotikaresistenzen oder Laktoseintoleranz von Belang und eröffnen eine neue Sichtweise auf ethische Fragen, welche die Stellung des Menschen oder ökologische Aspekte betreffen (Dunk & Wiles, 2018; Lammert, 2012). Kontroverse Fragen zu Landwirtschaft, Medizin, Klimawandel oder Genetik setzen Grundkenntnisse der Evolutionstheorie voraus (Mead & Branch, 2011). Demokratische Gesellschaften sind darauf angewiesen, dass Bürger*innen informierte Entscheidungen auf (natur-)wissenschaftlicher Basis treffen können.

In der Ausarbeitung des Lehrplans 21 wurden diese Überlegungen berücksichtigt. Die Evolutionstheorie stellt nun – im Kompetenzbereich *Fortpflanzung und Entwicklung analysieren* – ein obligatorischer Bestandteil der Volksschulbildung dar (D-EDK, 2016). Der Einbezug religiöser Vorstellungen ist nach wie vor möglich, da der Lehrplan auch eine Kompetenz zur Unterscheidung von naturwissenschaftlicher und nicht naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung beinhaltet. Diese wird sowohl im Lehrplan des Faches Natur und Technik als auch Ethik, Religionen, Gemeinschaft explizit formuliert (D-EDK, 2016, NT.1.1 / ERG.4.5) Religion und Naturwissenschaft werden somit nicht als gleichwertige Sichtweisen auf dieselbe Frage betrachtet, sondern in ihrem je eigenen Geltungsbereich ernst genommen.

3.2 Begriffe und Messinstrumente in der empirischen Forschung zur Evolution

In Forschungsarbeiten, welche die Akzeptanz oder das Verständnis der Evolution untersuchen, werden die jeweiligen Konstrukte nicht nur uneinheitlich als Einstellung, Akzeptanz, Überzeugung, Verständnis, Wissen oder Vorstellungen bezeichnet, sondern häufig auch ohne solide Definition der Begrifflichkeiten verwendet. Zur Erfassung der beiden Aspekte existieren zudem unterschiedliche Instrumente, deren Ausgestaltung sich auf die Ergebnisse auswirken kann (Konnemann, Asshoff & Hammann, 2012).

In der Beurteilung der Zustimmung zur Evolution ist der Begriff der Akzeptanz vorherrschend, manche Autor*innen sprechen jedoch auch von Einstellungen oder Überzeugungen oder Glaube (Konnemann et al., 2012). Sinatra, Southerland, McConaughy und Demastes (2003) erachten eine Unterscheidung von Wissen und Überzeugungen in der Evolutionstheorie für unerlässlich. Überzeugungen enthalten ein subjektives Moment und erfüllen nicht dieselben epistemologischen Kriterien wie Wissen, welches auf der Evaluation von Belegen beruht und somit mit Rationalität und Objektivität assoziiert wird. Um diese Objektivität zu verdeutlichen und eine Abgrenzung zu religiösen Vorstellungen zu ermöglichen, wird im Hinblick auf die Evolution der Begriff Akzeptanz verwendet, da der Ausdruck Glaube oder Überzeugung die disparate Epistemologie der Wissenschaft und der Religion verschleiert. Akzeptanz beschreibt somit, wie eine Person die Gültigkeit eines Konzeptes – beispielsweise der Evolutionstheorie – einschätzt. Die Autor*innen äußern jedoch Zweifel daran, ob eine solche Unterscheidung auch tatsächlich in den Köpfen der Lernenden präsent ist.

Während verschiedene Autor*innen die Akzeptanz als rein kognitives Konstrukt betrachten, welches eine rational-logische Bewertung der Evolutionstheorie impliziert, handelt es sich nach Konnemann et al. (2012) «um eine subjektiv-bewertende Einstellung mit kognitiven, affektiven und verhaltensbezogenen Komponenten» (S. 55). Die Autor*innen kritisieren in diesem Kontext das etablierteste Messinstrument zur Akzeptanz, das von Rutledge und Warden (1999) entwickelte *Measure of Acceptance in Evolution* (MATE). Dieses sei ein rein kognitives Instrument, in welchem sich viele Tatsachenaussagen ohne Bewertung finden. Die Testresultate do-

kumentieren demnach nicht, ob Antworten durch fehlendes Wissen oder eine ablehnende Haltung zustande kommen. Da Wissen und Einstellung zu Evolution nicht deutlich gegeneinander abgegrenzt werden, kann dies einen Einfluss auf gemessene Zusammenhänge von Akzeptanz und Wissen ausüben. «Eine mögliche Ursache für diese vermeintlich hohen Zusammenhänge besteht darin, dass weder theoretisch noch bei der Operationalisierung zwischen dem Konstrukt ‘Wissen’ und dem affektiven Konstrukt ‘Einstellung’ unterschieden wurde» (Konnemann et al., 2012, S. 68). Diese Kritik scheint begründet, da Items wie «The age of the earth is at least 4 billion years» (Rudledge & Warden, 1999, S. 18) tatsächlich spezifisches Wissen voraussetzen.

Neben dem häufig eingesetzten Messinstrument MATE existieren neuere Erhebungsverfahren, die aufgrund der Kritik an diesem entwickelt wurden. Zu den zwei wichtigsten weiteren Erhebungsinstrumenten zur Erfassung der Akzeptanz der Evolution gehören der von Nadelson und Southerland (2012) entwickelte I-SEA (*Inventory of Student Evolution Acceptance*) und der von Smith, Snyder und Devereaux (2016) entwickelte GAENE (*Generalized Acceptance of Evolution Evaluation*) (Dunk et al., 2019). Der I-SEA unterscheidet Akzeptanz in drei verschiedenen Kontexten: der Mikroevolution, der Makroevolution sowie der menschlichen Evolution (Nadelson & Southerland, 2012). Das Niveau der Akzeptanz kann bei diesen drei Subskalen abweichen, da die Makroevolution sowie die menschliche Evolution – beispielsweise aus religiösen Gründen – als umstrittener wahrgenommen werden können. So kann auch die Beziehung zu anderen Konstrukten abhängig von der gewählten Subskala differieren (Barnes, Dunlop, Holt, Zheng & Brownell, 2019). Der GAENE beruht auf einer expliziten Definition der Akzeptanz der Evolution: «Evolution acceptance is the mental act or policy of deeming, positing, or postulating that the current theory of evolution is the best current available scientific explanation of the origin of new species from preexisting species» (Smith et al., 2016, S. 1296). Auffällig an diesem Fragebogen sind Items, die danach fragen, ob ein Individuum bereit ist, sich für die Evolutionstheorie einzusetzen, wie beispielsweise «I would be willing to argue in favor of evolution in a public forum such as a school club, church group, or meeting of public school parents» (Smith et al., 2016, S. 1304). Einem solchen Instrument liegt somit ein breiteres und sehr

spezifisches Akzeptanzverständnis zugrunde. Ausführlichere Beschreibungen sowie kritische Betrachtungen der Messinstrumente finden sich bei Beniermann (2019), Smith et al. (2016), Nadelson und Southerland (2012) und Rutledge und Warden (1999).

In verschiedenen Studien wurde untersucht, ob und in welchem Masse sich die Diversität der Erhebungsinstrumente auf Ergebnisse und Schlussfolgerungen auswirkt. Die Studien deuten darauf hin, dass die drei beschriebenen Fragebogen zu ähnlichen Antwortmustern führen und die Gesamtergebnisse somit vergleichbar sind. Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass Zusammenhänge mit anderen Konstrukten unterschiedlich ausfallen können (Barnes et al., 2019; Sbeglia & Nehm, 2018, 2019). So erweist sich das Verständnis der Evolution beim Instrument MATE beispielsweise als stärkerer Prädiktor als bei anderen Erhebungsverfahren (Barnes et al., 2019). Barnes et al. (2019) formulieren aufgrund ihrer Untersuchung folgende Erkenntnis: «We found that different instruments used to measure evolution acceptance sometimes led to different research results and conclusions» (S. 1).

Neben diesen drei validierten und bekannten Testverfahren existieren weitere Operationalisierungen der Akzeptanz, welche ebenfalls Kritik evozieren (Kampourakis & McCain, 2016; McCain & Kampourakis, 2018). Eder, Turic, Milasowszky, van Adzin und Hergovich (2011) verwenden beispielsweise folgende Items, um die Zustimmung von Schüler*innen zu Evolution, Kreationismus und *Intelligent Design* zu eruieren (S. 20):

- Life on earth has emerged without the influence of any supreme being and has evolved through a natural developmental process. (Evolution)
- God directly created life on earth, including all species, as described in the Bible. (Kreationismus)
- Life on earth was created by a supreme being (God), and has undergone a long developmental process directed by this supreme being (God). (*Intelligent Design*)

Ungeachtet dessen, dass es vermutlich weitere vorstellbare Varianten gäbe, religiöse Vorstellungen und Evolution zu verbinden, schliessen die Autor*innen aufgrund ihres Instrumentes aus, dass der Glaube an einen Schöpfergott mit der Ak-

zeptanz der Evolution vereinbar ist. Dabei werden die Grenzen der Naturwissenschaften, welche sich aus methodischen Gründen nicht mit der Existenz von Übersinnlichem beschäftigen, überschritten. Es wird impliziert, dass eine Akzeptanz der Evolution eine atheistische Weltsicht bedingt. Differenzierter zeigen sich Messinstrumente, welche Proband*innen dazu auffordern, sich in einem Spektrum von Positionen, welche die Beziehung von Evolution und Schöpfung aufzeigen, zu verorten. Yasri und Mancy (2016) formulieren dabei acht mögliche Positionen von *atheistischer Evolution* über *deistische Evolution* bis zu *wörtlichem Kreationismus*. In diesem Spektrum ist zudem eine Zuordnung zu einer Position *agnostische Evolution* möglich, welche die wichtige Unterscheidung von Religion und Naturwissenschaft aufgreift: «Life emerged from non-living particles and then all current forms evolved from these earlier forms. A deity may exist, however, this is out of scope of evolutionary theory» (Yasri & Mancy, 2016, S. 386). Auch solche Messinstrumente werfen jedoch die Frage auf, ob die vorgegebenen Antwortschemata jedwede Vorstellung, wie eine göttliche Existenz und die Evolution in Einklang gebracht werden können, einschliessen.

Elsdon-Baker (2015) zeigt auf, dass das Framing bei Befragungsinstrumenten zur Akzeptanz der Evolution entscheidend ist. Die Ergebnisse werden gemäss der Autorin durch die Darstellung der Beziehung von Evolution und Glaube beeinflusst. Sie kritisiert die häufige Verknüpfung einer Akzeptanz der Evolution mit einer atheistischen Weltsicht – wie dies im Instrument von Eder et al. (2011) offenbar wird – welche Kreationist*innen hervorbringt, auf die eine solche Zuschreibung nicht zutrifft. Eine Einteilung von Personen ist nach Elsdon-Baker (2015) schwierig, da die Sichtweisen und Vorstellungen von Personen häufig widersprüchlich und inkonsistent sind.

Nach Barnes et al. (2019) könnten die unterschiedlichen Messinstrumente, welchen verschiedene Definitionen der Akzeptanz zugrunde liegen, ein Grund für die teilweise widersprüchlichen empirischen Ergebnisse darstellen. Dennoch ist es der Forschungsgemeinschaft bislang nicht gelungen, einen Konsens zu Erhebungsinstrumenten im Kontext der Evolution zu finden (Barnes et al., 2019).

Die Wahl eines geeigneten Testverfahrens zur Akzeptanz der Evolution auf der Sekundarstufe 1 im schweizerischen Bildungskontext erweist sich als schwierig. Eine

Verwendung der drei gängigen Messinstrumente scheint nicht sinnvoll und zielführend, da die Beantwortung in der Regel ein gewisses Mass an Vorwissen zu Evolution und entsprechenden Begrifflichkeiten voraussetzt, welches in dieser Schulstufe nicht erwartet werden kann.

Die Begriffe Verständnis, Wissen oder Vorstellungen werden im Zusammenhang mit der Evolution häufig synonym verwendet. Nicht Faktenwissen, sondern adäquate Vorstellungen von evolutionären Vorgängen stehen dabei im Fokus. Lernende besitzen in der Regel Vorstellungen zur Evolution, welche den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen widersprechen; diese werden im Kapitel 3.4.1 näher beleuchtet. Durch den Unterricht sollen diese vorhandenen Konzepte erweitert und verändert werden (Gebhard et al., 2017). Auch in diesem Feld existiert eine Vielfalt an Testinstrumenten, welche eine Vergleichbarkeit und Übersicht erschweren.

Dieses Phänomen zeigt sich erneut bei Erhebungsinstrumenten, welche die Religiosität der Proband*innen erfassen. Es ist gängige Praxis, dass der Faktor lediglich mit einzelnen Items gemessen wird, in welchen Personen ihre eigene Religiosität in globo einschätzen oder die Anzahl der Gottesdienstbesuche erfasst wird. Skalen, welche aufgrund von theoretischen Konstrukten entwickelt wurden, finden sich kaum. Dies muss bei der Interpretation und insbesondere der Vergleichbarkeit der Studien berücksichtigt werden.

Es scheint einleuchtend, dass die bisher beschriebenen Schwierigkeiten in Bezug auf Messinstrumente einen Einfluss auf allfällige Untersuchungsergebnisse ausüben. Dies betrifft die nicht eindeutige Unterscheidung von Wissen und Akzeptanz als auch die Darstellung von Glaube und Evolution als Dichotomie. Gewiss existieren religiöse Überzeugungen, welche naturwissenschaftlichen Erkenntnissen widersprechen, so dass eine Unvereinbarkeit kommuniziert werden muss; einen grundsätzlichen Widerspruch zwischen Religion und Wissenschaft zu konstruieren ist jedoch nicht zielführend (vgl. Kapitel 4). In diesem Zusammenhang scheint es auch gewinnbringend, die Akzeptanz der Evolution als Kontinuum und nicht ein Entweder-oder aufzufassen.

Aufgrund der Prävalenz in der Literatur wird in dieser Arbeit der Begriff Akzeptanz verwendet. Die Akzeptanz der Evolution widerspiegelt dabei die Zustimmung von

Personen zur Veränderung aller Lebewesen und ihrer gemeinsamen Verwandtschaft. Darüber hinaus wird von Verständnis der Evolution gesprochen, um auf das Vorhandensein von adäquaten naturwissenschaftlichen Vorstellungen zu verweisen.

3.3 Akzeptanz der Evolution – Einflussfaktoren und Wirkung von naturwissenschaftlichem Unterricht

Während die Evolutionstheorie unter Naturwissenschaftler*innen unbestritten ist, wird diese von Teilen der Bevölkerung nach wie vor abgelehnt, wobei diese Nichtanerkennung stark von nationalen und kulturellen Kontexten abhängig zu sein scheint. So weisen die USA mit weniger als 50 Prozent eine geringe Akzeptanz auf, während in manchen europäischen Ländern wie Dänemark oder Schweden über 80 Prozent der Bevölkerung die Evolution bejahen. In der Schweiz zeigen demgegenüber lediglich 60 Prozent der Personen eine zustimmende Haltung (Miller et al., 2006). Lammert (2012) untersuchte die Akzeptanz deutscher Schüler*innen anhand einer grossen Stichprobe am Ende der Sekundarschulzeit mithilfe des *Measure of Acceptance of the Theory of Evolution* (MATE). Die Lernenden offenbarten eine moderate Akzeptanz der Evolution. In diesem Kontext muss auf die Bedeutung der verwendeten Messinstrumente hingewiesen werden. Die Akzeptanz und Ablehnung der Evolution können wie in der ersten Studie eher als Dichotomie oder wie in der zweiten Untersuchung als Kontinuum aufgefasst werden, was die Resultate und deren Interpretation beeinflusst. In einer Studie von Eder et al. (2011) galten nur Schüler*innen als Unterstützer*innen der Evolution, welche den Einfluss einer höheren Macht ausschlossen. Nach dieser Definition stimmten lediglich 51 Prozent der österreichischen Jugendlichen der Evolution zu. Auf diese Problematik wurde im Kapitel 3.2 genauer eingegangen.

Bildungsinstitutionen müssen sich mit der Frage beschäftigen, ob die Förderung der Akzeptanz – neben der Vermittlung von fachlichen Inhalten – ein Ziel des (Evolution-)Unterrichts darstellt. Einigkeit besteht zumeist darin, dass die Änderung von Glaubensüberzeugungen nicht die Aufgabe der Schule oder der Universität sein kann oder darf (Sinatra et al., 2003; Williams, 2015). Wenn solche religiösen Vorstellungen der naturwissenschaftlichen Sichtweise widersprechen, erweist sich die

Situation als schwieriger, da Bildung an sich immer eine aufklärerische und emanzipatorische Wirkung entfalten soll. In einer qualitativen Untersuchung befragte Universitätsprofessor*innen in den USA vertraten mehrheitlich die Meinung, dass eine Akzeptanz nicht zu ihren Unterrichtszielen gehört. Wenn wir unter Akzeptanz die Anerkennung der naturwissenschaftlichen Konzepte verstehen, mutet dieses Ergebnis überraschend an, da es in anderen Themengebieten selbstverständlich ist, dass Alltagsvorstellungen oder Fehlvorstellungen der Schüler*innen korrigiert oder zumindest erweitert werden sollen. Die zahlreichen Studien zur Akzeptanz der Evolution zeigen, dass eine Verbesserung der Akzeptanz von vielen Naturwissenschaftler*innen als eminent wichtig erachtet wird.

Im ersten Teil dieses Kapitels werden die zentralen Faktoren dargestellt, welche im Zusammenhang mit Akzeptanz stehen. Im zweiten Teil wird der Wirkung naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Sekundarstufe auf die Akzeptanz nachgegangen.

3.3.1 Einflussfaktoren

In zahlreichen Studien wurden Faktoren eruiert, welche für die Akzeptanz der Evolution bedeutsam sind. Inwieweit die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution zusammenhängen, konnte noch nicht abschliessend geklärt werden. Der aktuelle Forschungsstand deutet jedoch darauf hin, dass von einem positiven reziproken Zusammenhang ausgegangen werden kann (Akyol, Tekkaya, Sungur & Traynor, 2012; Barnes, Evans, Hazel, Brownell & Nesse, 2017; Carter & Wiles, 2014; Deniz, Donnelly & Yilmaz, 2008; Dunk & Wiles, 2018; Fenner, 2013; Fiedler, Sbeglia, Nehm & Harms, 2019; Glaze, Goldston & Dantzler, 2015; Großschedl, Konnemann & Basel, 2014; Großschedl, Seredszus & Harms, 2018; Konnemann et al., 2012; Rutledge & Warden, 2000). Weisberg, Landrum, Metz und Weisberg (2018) untersuchten den Zusammenhang dieser Konstrukte in der allgemeinen Bevölkerung der USA in einer demografisch repräsentativen Studie, da bisherige Untersuchungen sich meist auf spezifische Populationen – beispielsweise Studierende oder Schüler*innen – bezogen. Die Ergebnisse implizieren, dass das Wissen über die Evolution ein signifikanter Faktor für die öffentliche Akzeptanz der Evolution darstellt – auch wenn für andere Variablen wie Religiosität oder politische Einstellung kon-

trolliert wird. Konnemann et al. (2012) vermuten, dass die unterschiedlichen Ergebnisse auf Alters- und Bildungseffekte zurückzuführen sein könnten, da die Stärke des Zusammenhangs mit der Höhe des Alters respektive der Ausbildungsstufe zunimmt. Weiter erwähnen die Autor*innen den Einfluss von soziokulturellen Effekten, da die Zusammenhänge in nicht westlichen Ländern schwächer ausfallen. Die Frage der Kausalität lässt sich ebenfalls nicht eindeutig beantworten. Bei einer bestehenden Korrelation von Verständnis und Akzeptanz bieten sich zwei Möglichkeiten; eine fehlende Akzeptanz wirkt sich negativ auf das Lernen und somit das Verständnis aus oder Akzeptanz ist nur möglich, wenn die Evolutionstheorie bis zu einem gewissen Grad verstanden wird (Sinatra et al., 2003). Sinatra et al. (2003) mutmassen, dass ein gewisses fachliches Niveau erreicht werden muss, damit ein Effekt sichtbar wird. «Knowledge must reach a critical level to influence students' acceptance of ideas» (Sinatra et al., 2003, S. 521). Die These wird durch empirische Studien untermauert. In der Untersuchung von Fenner (2013) ergab sich erst nach einer Intervention ein signifikanter Zusammenhang zwischen den genannten Konstrukten für beinahe alle untersuchten Subgruppen, während in den Studien von Beniermann (2019) der Zusammenhang von Wissen und Einstellung zu Evolution mit zunehmender biologischer Ausbildung stärker wurde. Die Erklärung von Sinatra et al. (2003) unterstützt zudem die Vermutung von Konnemann et al. (2012), dass Alters- und Bildungseffekten eine Bedeutung zukommt.

Yasri und Mancy (2014) untersuchten in einer qualitativen Studie an thailändischen Highschools mithilfe von Interviews, wie die Sichtweise auf die Beziehung von Religion und (Natur-)Wissenschaft das Lernen der Evolution beeinflusst. Das Lernen derjenigen Personen, welche einen Konflikt zwischen beiden Gebieten wahrnehmen, wurde als *learning to falsify* beschrieben. Der wahrgenommene Konflikt hatte keinen negativen Effekt auf das fachliche Lernen, er führte vielmehr dazu, dass sich die Schüler*innen intensiv mit dem Thema befassten, um die Theorie argumentativ zu widerlegen. Waschke und Lammers (2012) erwähnen das Stellen von kritischen Fragen im Unterricht ebenfalls als mögliche Reaktion von religiösen Schüler*innen. Eine weitere Strategie stellt die innerliche Abwendung vom Unterrichtsgeschehen dar. Es ist zu vermuten, dass ein solches Verhalten durchaus einen negativen Einfluss auf das Lernen der Inhalte ausüben könnte.

Wie einleitend erwähnt, kritisieren Konnemann et al. (2012) und weitere Autor*innen im Zusammenhang mit dem Verhältnis von Verständnis und Akzeptanz den am häufigsten verwendeten Test zur Messung der Akzeptanz der Evolution – MATE (*Measure of Acceptance of the Theory of Evolution*) – welcher von Rutledge und Warden (1999) entwickelt wurde. Die Items erfragen – so das Urteil – nicht nur die Einstellung, sondern vielmehr auch das Wissen der Proband*innen, was die Ursache für die hohe Korrelation zwischen Verständnis und Akzeptanz bei Verwendung des MATE-Fragebogens sein könnte. In einer empirischen Untersuchung von Barnes et al. (2019) fanden sich für diese These erste Belege.

Die beschriebenen Ergebnisse lassen vermuten, dass ein Zusammenhang zwischen Verständnis und Akzeptanz existiert – auch wenn dieser nicht unabhängig von Stichprobe, Kontext oder Erhebungsinstrument zu sein scheint. Es spricht einiges dafür, dass die Einflussnahme in beide Richtungen gehen kann und von weiteren Faktoren moderiert wird. Mit einem Beispiel von Dunk et al. (2019) lässt sich der komplexe und widersprüchliche Zusammenhang von Verständnis und Akzeptanz illustrieren: Während Personen, welche kaum Kenntnis der Evolutionstheorie haben, diese aufgrund des wissenschaftlichen Konsenses akzeptieren, lehnen andere diese wiederum aus religiösen Motiven ab, obschon sie die naturwissenschaftlichen Konzepte kennen und verstehen.

Als weitere wichtige Grösse, welche die Akzeptanz der Evolution beeinflusst, wird in vielen Studien die Religiosität angeführt. In der bereits erwähnten Untersuchung von Lammert (2012) an deutschen Sekundarschulen erwies sich die Gläubigkeit als signifikanter Faktor mit grossem Effekt; je gläubiger die Jugendlichen waren, desto geringer war ihre Akzeptanz der Evolution. Eder et al. (2011) verglichen das Vorhandensein von paranormalen Überzeugungen bei österreichischen Sekundarschüler*innen mit ihrer Zustimmung zur Evolution, *Intelligent Design* und Kreationismus. Es zeigte sich, dass paranormale Glaubensüberzeugungen positiv mit der Gutheissung des *Intelligent Design* und des Kreationismus korrelierten. Der negative Zusammenhang trat auch in Untersuchungen mit (Biologie-)Studierenden und (angehenden) (Biologie-)Lehrpersonen in verschiedenen kulturellen Kontexten in Erscheinung (Astley & Francis, 2010; Barnes, Evans et al., 2017; Barnes et al., 2019; Betti, Shaw & Behrends, 2020; Carter & Wiles, 2014; Dunk, Petto, Wiles & Campbell, 2017; Gervais, 2015; Glaze et al., 2015; Losh & Nzekwe, 2011; Mantelas &

Mavrikaki, 2020; Nadelson & Sinatra, 2010; Trani, 2004). Der Zusammenhang von Gläubigkeit und Akzeptanz der Evolution zeigte sich auch in den Studien von Beniermann (2019), in welchen Schüler*innen, Studierende, Biologielehrpersonen sowie Individuen aus der allgemeinen Bevölkerung aus dem deutschsprachigen Raum teilnahmen. Barone, Petto und Campbell (2014) erfragten die Akzeptanz der Evolution von Besucher*innen eines Museums in den USA. Die Anzahl der Gottesdienstbesuche korrelierte dabei negativ mit der Akzeptanz der Evolution. Den Zusammenhang der Konstrukte konnte auch eine Untersuchung in der allgemeinen Bevölkerung der USA belegen (Weisberg et al., 2018). Die Analysen von Miller et al. (2006) deuten ebenfalls darauf hin, dass fundamentalistische religiöse Überzeugungen einen negativen Einfluss auf die Akzeptanz ausüben, was die höhere Ablehnung der Evolution in den USA teilweise erklären könnte. Diese Befunde scheinen auf den ersten Blick entmutigend zu sein, da die Modifikation von religiösen Vorstellungen nicht Ziel des schulischen Unterrichts sein kann und darf (Hammann & Asshoff, 2011; Sinatra et al., 2003; Williams, 2015). Bei genauerer Analyse der Zusammenhänge zeigt sich jedoch, dass die Wirkung der Religiosität auf die Akzeptanz vermutlich durch einen weiteren Faktor moderiert wird. In einer Studie von Dunk und Wiles (2018) mit amerikanischen Biologiestudierenden, welche ein Jahr lang einen Biologieeinführungskurs besuchten, erklärte die Veränderung von religiösen Einstellungen lediglich 4% der Veränderung der Akzeptanz der Evolution. Als entscheidender Faktor kristallisierte sich das Verständnis von *nature of science* heraus, welches fast 40% der Veränderung zu erklären vermochte. Diese Ergebnisse könnten gemäss den Autoren darauf zurückzuführen sein, dass ein zunehmend differenzierteres Verständnis von *nature of science* den wahrgenommenen Konflikt zwischen Evolution und Religion im Laufe des Semesters verringerte.

Zahlreiche weitere Forschungsarbeiten belegen die zentrale Bedeutung von *nature of science* für die Akzeptanz der Evolution. Lammert (2012) untersuchte in der bereits erwähnten Studie den Einfluss der Akzeptanz der Wissenschaft auf die Akzeptanz der Evolution bei deutschen Sekundarschüler*innen; die Akzeptanz der Wissenschaft erwies sich dabei als wichtigster Prädiktor. Cavallo und McCall (2008) konnten diesen Zusammenhang auch für die Schüler*innen einer Highschool in den USA belegen. In einer Interventionsstudie mit chilenischen Sekundarschüler*innen zeigte sich in der Interventionsgruppe, in welcher Aspekte von *nature of science*

explizit im Evolutionsunterricht adressiert wurden, eine signifikant höhere Akzeptanz, während diese in der Kontrollgruppe unverändert blieb (Cofré et al., 2018). Die Veränderung des Verständnisses von *nature of science* im Laufe eines Kurses korrelierte bei amerikanischen Biologiestudierenden signifikant mit der Veränderung der Akzeptanz der Evolution (Carter & Wiles, 2014). In einer amerikanischen Studie von Nadelson und Sinatra (2010) und einer türkischen Studie von Akyol et al. (2012) stand das Wissen respektive die Sicht auf *nature of science* in einem positiven Zusammenhang mit der Akzeptanz der Evolution von angehenden Lehrkräften. Ähnliche Ergebnisse finden sich in einer Untersuchung zu Lehrpersonen, welche ihren Beruf bereits ausüben (Rutledge & Warden, 2000). Einen Zusammenhang zwischen epistemologischen Überzeugungen respektive dem Verständnis oder der Wahrnehmung der Wissenschaft und der Akzeptanz der Evolution bestätigten weitere Studien mit Studierenden aus den USA (Barnes et al., 2019; Carter & Wiles, 2014; Dunk et al., 2017; Johnson & Peeples, 1987). Der starke Zusammenhang von Verständnis von *nature of science* und Akzeptanz der Evolution wurde auch bei Forscher*innen an der Universität (Rice, 2012) sowie der allgemeinen Bevölkerung in den USA sichtbar (Weisberg et al., 2018). In einer Erhebung von Yasri und Mancy (2016) an einer christlichen Highschool in Thailand mussten die Schüler*innen ihre Position gegenüber der Evolution vor und nach einer Unterrichtseinheit bestimmen. Das Rahmenmodell enthielt acht Positionen von *atheistischer Evolution* über *deistische Evolution* bis zu *wörtlichem Kreationismus*. Die Veränderungen nach der Einheit in Richtung der naturwissenschaftlichen Sichtweise waren signifikant. Die Teilnehmenden führten ihre veränderte Position unter anderem auf eine differierende Betrachtungsweise des Verhältnisses von Religion und Naturwissenschaft, insbesondere Evolution und ihren religiösen Vorstellungen, zurück. Diese Abgrenzung von Religion und Naturwissenschaft kann ebenfalls dem Bereich *nature of science* zugeordnet werden, so dass dieses Ergebnis als weiterer Beleg für die Moderationsfunktion des Konstruktes zwischen Religiosität und Akzeptanz interpretiert werden kann. Das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft als Aspekt von *nature of science* wird im Kapitel 4 ausführlicher erläutert.

Als weiteren Einflussfaktor auf die Akzeptanz der Evolution konnten bestimmte Denkd dispositionen ermittelt werden. In einer Studie mit amerikanischen Studieren-

den von Sinatra et al. (2003) zeigte sich, dass Personen, welche offener und aufgeschlossener sind, die Evolution eher akzeptieren. Diese Ergebnisse konnten mit türkischen Studierenden in der Ausbildung zur Lehrperson bestätigt werden (Deniz et al., 2008). In beiden Untersuchungen wurde unter anderem die *actively-open-minded thinking scale* (AOT) verwendet, welche die Offenheit gegenüber Änderungen von Überzeugungen, kognitive Flexibilität (Reflektiertheit), die Tendenz alternative Meinungen und Belege zu berücksichtigen sowie die Suche und Verarbeitung von Informationen, welche den eigenen Überzeugungen widersprechen, beinhaltet. In einer Befragung von Studierenden aus den USA von Dunk et al. (2017) erwies sich die Offenheit für Erfahrungen, welche mithilfe des *Big Five Inventory* erfasst wurde, als signifikante Einflussgrösse. In der Studie von Dunk und Wiles (2018) hatte eine Veränderung der Offenheit einen signifikanten, aber bescheidenen Einfluss auf die Veränderung der Akzeptanz nach einem einjährigen Biologiekurs an einer amerikanischen Universität. In einer Forschungsarbeit, welche die allgemeine amerikanische Bevölkerung berücksichtige, zeigten Personen mit einer geringeren Offenheit für Ambiguität und einer grösseren Engstirnigkeit eine niedrigere Akzeptanz der Evolution (Weisberg et al., 2018).

Logisches Denken wird ebenfalls in Verbindung mit einer erhöhten Akzeptanz der Evolution gebracht. So weisen die Ergebnisse einer Studie von Mead, Hejmadi und Hurst (2018) mit Sekundarschüler*innen aus dem Vereinigten Königreich darauf hin, dass nicht psychologische Konflikte, sondern allgemeine naturwissenschaftliche Fähigkeiten – wie beispielsweise das logische Denken oder Argumentieren – für eine Akzeptanz der Evolution wichtig sein könnten. Diesen Zusammenhang untersuchte Gervais (2015) an amerikanischen Studierenden. Die Fähigkeit zu analytischem oder logischem Denken sagte – unabhängig von Religiosität und politischer Gesinnung – eine grössere Akzeptanz für die Evolution voraus. Fiedler et al. (2019) untersuchten in einem Biologieeinführungskurs an einer amerikanischen Universität den Einfluss der Fähigkeit zu statistischem und probabilistischem Denken auf die Akzeptanz der Evolution. Diese erwies sich als signifikanter Prädiktor für die Zielvariable. In der Untersuchung von Beniermann (2019) im deutschsprachigen Raum konnte für die untersuchte Stichprobe kein Zusammenhang zwischen kognitivem Stil einer Person, welcher die Präferenz für intuitive oder reflektierte Antworten widerspiegelt, und der Einstellung zur Evolution belegt werden.

Neben diesen vordringlichen Faktoren werden in der Literatur und in Studien weitere Einflussgrößen benannt. In der Untersuchung von Lammert (2012) erwies sich der Einfluss des Geschlechts als signifikant. Der als klein beschriebene Effekt deutete auf eine höhere Akzeptanz der Evolution seitens der Probanden hin. In der Studie von Deniz et al. (2008) unter türkischen Studierenden in der Ausbildung zur Lehrperson erwies sich das Bildungsniveau der Eltern als bedeutsam. Auf die Relevanz der Eltern, primär ihrer Überzeugungen, weisen auch Waschke und Lammer (2012) und Barnes und Evans et al. (2017) hin. Die Studierenden einer qualitativen Studie aus den USA hatten ihre kreationistischen Vorstellungen von den Eltern übernommen und konnten sich erst nach einem mehrere Jahre dauernden Prozess davon lösen (Winslow, Staver & Scharmann, 2011). Weisberg et al. (2018) konnten in ihrer Studie in den USA belegen, dass eine konservative politische Ideologie negativ mit der Akzeptanz der Evolution korreliert.

Die zahlreichen Forschungsarbeiten zur Akzeptanz der Evolution verdeutlichen die Komplexität der Thematik sowie der involvierten Einflussfaktoren. Religiöse Vorstellungen und das Verständnis von *nature of science* scheinen jedoch zentrale Elemente in diesem Wirkungsgeflecht zu sein. Je differenzierter das Wissenschaftsverständnis ausgeprägt ist, desto höher erweist sich die Akzeptanz der Evolution. Religiosität oder Gläubigkeit hingegen korrelieren negativ mit einer solchen Akzeptanz. Die beiden Faktoren stehen dabei in einem interessanten Zusammenhang, da ein adäquates Verständnis von *nature of science* dazu beitragen kann, dass religiöse Überzeugungen nicht im Konflikt mit wissenschaftlichen Erkenntnissen zur Evolution stehen (vgl. Kapitel 4). Es kann folglich vermutet werden, dass das Verständnis von *nature of science* den Einfluss der Religiosität auf die Akzeptanz der Evolution moderiert. Als weitere spannende Einflussgrößen präsentieren sich Denkdispositionen sowie die Fähigkeit zu logischem, analytischem und probabilistischem Denken. Als nicht eindeutig geklärt muss der Zusammenhang zwischen Akzeptanz und Verständnis gelten, auch wenn der aktuelle Forschungsstand eine positive gegenseitige Abhängigkeit impliziert.

3.3.2 Wirkung naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Sekundarstufe

Naturwissenschaftlicher Unterricht hat nach einer Studie von Lammert (2012) einen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution; der Effekt ist jedoch

klein. In einer Interventionsstudie von Fenner (2013) an Gymnasien und Gesamtschulen in Deutschland nahm die positive Einstellung gegenüber der Evolution signifikant zu; die Veränderung wies eine grosse Effektstärke auf. Die Einstellung der Kontrollgruppe veränderte sich ebenfalls, wies aber nur eine kleine Effektstärke auf. Mead, Hejmadi und Hurst (2017) untersuchten an britischen Sekundarschulen, ob die gewählte Reihenfolge der Themen Genetik und Evolution einen Einfluss auf die Akzeptanz der Schüler*innen ausübt. Durch den Unterricht nahm die Akzeptanz signifikant zu, die Reihenfolge der Themen hatte jedoch keinen Einfluss. Zwei Drittel der Lernenden zeigten nach der Unterrichtseinheit höhere Akzeptanzwerte, bei 25 Prozent der Schüler*innen fielen diese geringer aus. Yasri und Mancy (2016) untersuchten in ihrer Studie an einer thailändischen Highschool den Effekt eines Evolutionskurses auf die Akzeptanz – genauer auf die Position der Schüler*innen im Verhältnis von Evolution und Kreation. Die Lehrpersonen vertraten dabei die Sichtweise, dass Religion und Naturwissenschaft zwei voneinander getrennte Bereiche darstellen und führten die Studierenden zu Beginn des Kurses in die Unterschiede ein. 96 der 125 Teilnehmenden veränderten ihre Auffassung und näherten sich der naturwissenschaftlichen Position an, so dass ihre Akzeptanz der Evolution stieg. Die Schüler*innen führten ihre veränderte Position primär auf ein besseres Verständnis der Belege für die Evolution sowie auf eine neue Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft zurück. In einer Studie an einer amerikanischen Highschool von Cavallo und McCall (2008) zeigten sich in den Überzeugungen zu *nature of science* und in der Akzeptanz der Evolution keine signifikanten Veränderungen nach einer durchgeführten Unterrichtseinheit.

Tabelle 11: Übersicht in alphabetischer Reihenfolge zu den im Text aufgeführten Studien im Kontext der Evolution

Autor*innen (Jahr)	Inhaltlicher Fokus	Proband*innen	N	Studiendesign
Allum, Sturgis, Tabourazi & Brunton-Smith (2008)	Zusammenhang von öffentlichen Einstellungen und öffentlichem Wissen über Naturwissenschaften	Allgemeine Bevölkerung in verschiedenen Ländern	x	Metaanalyse zu 193 Untersuchungen seit 1989
Akyol, Tekkaya, Sungur & Traynor (2012)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution, NOS und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen bezüglich Evolutionsunterricht	Angehende Naturwissenschaftslehrkräfte in der Türkei	415	Quantitative Querschnittstudie
Astley & Francis (2010)	Zusammenhang von Einstellungen gegenüber Religion, Naturwissenschaft, Szientismus und Kreationismus	Weibliche Studierende im Vereinigten Königreich	187	Quantitative Querschnittstudie
Barnes, Dunlop, Holt, Zheng & Brownell (2019)	Einfluss unterschiedlicher Erhebungsinstrumente zur Akzeptanz der Evolution auf die Höhe der Akzeptanz und Zusammenhänge zu weiteren Variablen	Studierende in den USA	923	Quantitative Querschnittstudie
Barnes, Elsner & 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
Barnes, Evans, Hazel, Brownell & Nesse (2017)	Einfluss von kulturellen, einstellungsbezogenen und kognitiven Faktoren auf das Verständnis der Evolution	Studierende in den USA	190 (Prä) 144 (Post)	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
Beniermann (2019)	Zusammenhang von Gläubigkeit und Einstellungen zur Evolution	Konfessionsfreie Personen, allgemeine Bevölkerung, Schüler*innen, Student*innen, angehende Biologielehrpersonen	9311	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 High-school 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 Biologielehrpersonen 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 (Prä) 362 (Post)	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
Fiedler, Sbeglia, Nehm & Harms (2019)	Zusammenhang von statistischem und probabilistischem Denken und Akzeptanz und Verständnis der Evolution	Studierende in den USA	506	Quantitative Querschnittstudie

Gervais (2015)	Zusammenhang von analytischem Denken und Akzeptanz der Evolution	Studierende in den USA	1324	Quantitative Querschnittstudie
Glaze, Golston & Dantzler (2015)	Zusammenhang von Religiosität, NOS, Verständnis der Evolution und Akzeptanz der Evolution	Angehende Naturwissenschaftslehrpersonen in den USA	116	Quantitative Querschnittstudie
Großschedl, Konnemann & Basel (2014)	Zusammenhang von kognitiven, affektiven, kontextuellen Faktoren und Akzeptanz der Evolution sowie Intention zu Unterricht von Evolutionstheorie und unwissenschaftlichen Alternativen	Angehende Biologielehrpersonen in Deutschland	180	Quantitative Querschnittstudie
Großschedl, Seredszus & Harms (2018)	Zusammenhang von Verständnis der Evolution und Akzeptanz der Evolution bei Lehramtsstudierenden in unterschiedlichen Ausbildungsgängen	Angehende Biologie- und Sachunterrichtslehrpersonen in Deutschland	212	Quantitative Querschnittstudie
Losh & Nzekwe (2010)	Zusammenhang von pseudowissenschaftlichen Überzeugungen und weiteren Faktoren bei angehenden Lehrkräften (im Vergleich zu ähnlich gebildeten Erwachsenen)	Angehende Lehrpersonen in den USA	636	Quantitative Querschnittstudie
Johnson & Peebles (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 & Thompson (1988)	Zusammenhang von logischem Denken und Fehlvorstellungen zu natürlicher Selektion und Genetik	Schüler*innen der 7. Jahrgangsstufe in den USA	131	Quantitative Querschnittstudie
Lawson & Weser (1990)	Zusammenhang von nichtwissenschaftlichen Überzeugungen und Fähigkeit zu logischem Denken	Studierende in den USA	954	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign
Mantelas und Mavrikaki (2020)	Zusammenhang von Religiosität, Geschlecht, dem Besuch eines Evolutionskurses und der Akzeptanz der Evolution	Biologiestudierende in den USA	593	Quantitative Querschnittstudie

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
Miller, Scott & Okamoto (2006)	Öffentliche Akzeptanz der Evolution in verschiedenen Ländern	Allgemeine Bevölkerung in verschiedenen Ländern	> 35000	Quantitative Querschnittstudie
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
Rice (2012)	Zusammenhang von Verständnis der Evolution, Akzeptanz der Evolution und NOS	Fakultätsmitglieder einer Universität in den USA	x	Quantitative Querschnittstudie
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)	Zusammenhang der Fähigkeit zu Konzeptwechseln 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 Denkd dispositionen	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
Weisberg, Landrum, Metz & Weisberg (2018)	Einfluss von Verständnis der Evolution und weiteren Faktoren auf die Akzeptanz der Evolution	Allgemeine Bevölkerung in den USA	1100	Quantitative Querschnittstudie
Winslow, Staver, Lawrence & Scharmann (2011)	Wahrnehmung eines Konfliktes zwischen Evolution und religiösen Überzeugungen	Studierende in den USA	15	Qualitative Fallstudie (Interviews, Kursdokumente, Beobachtungen)
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
----------------------	--	---	-----	---

3.4 Verständnis der Evolution – (Fehl-)Vorstellungen, Einflussfaktoren und Wirkung naturwissenschaftlichen Unterrichts

Neben der fehlenden Akzeptanz der Evolution stellt insbesondere die Vermittlung adäquater naturwissenschaftlicher Vorstellungen zur Thematik die Lehrpersonen vor eine grosse Herausforderung. Viele Lernende besitzen auch nach einer Unterrichtseinheit mannigfaltige Fehlvorstellungen (Jensen & Finley, 1996; Weitzel & Gropengiesser, 2009). Obschon sich aufgrund der Ausführungen im Kapitel 1.7.1.1 der Begriff der Alltagsvorstellungen anböte (Kattmann, 2013), wird der Begriff Fehlvorstellung aufgrund seiner Prävalenz in der Literatur in diesem Kapitel ebenfalls verwendet. Auf der Sekundarstufe 1 lässt sich das Verständnis der Evolution insgesamt als gering bezeichnen. Viele Schüler*innen weisen keine konsistenten Vorstellungen auf, da diese kontextabhängig zu sein scheinen (Johannsen & Krüger, 2005; Lammert, 2012). Entscheidende Einflussfaktoren für dieses mangelnde Verständnis, häufige Fehl- oder Alltagsvorstellungen sowie die Wirkung des naturwissenschaftlichen Unterrichts werden im folgenden Kapitel diskutiert.

3.4.1 Fehlvorstellungen zur Evolution

Nach *finalen* oder *teleologischen Vorstellungen* entstehen Merkmale nicht zufällig, sondern erfüllen einen bestimmten Zweck, eine Funktion. Die Merkmalsveränderung wird durch das Lebewesen oder eine höhere Instanz gesteuert (Johannsen & Krüger, 2005; T. R. Gregory, 2009). Religiöse Vorstellungen, welche den Menschen als Ziel der Evolution betrachten, lassen sich ebenfalls diesem Bereich zuordnen. Finalistische Vorstellungen sind weit verbreitet und bleiben häufig auch nach erhaltenem Unterricht präsent (Graf & Hamdorf, 2012; Johannsen & Krüger, 2005). Nach *lamarckistischen Vorstellungen* werden Eigenschaften, welche während der Lebenszeit von einem Lebewesen erworben werden, weitervererbt (Johannsen & Krüger, 2005). Die Bezeichnung geht auf den Evolutionsbiologen Jean-Baptiste de Lamarck (Lamarck, Koref-Santibañez, Jahn, Schilling & Lang, 2002) zurück, welcher der Ansicht war, dass solch erworbene Eigenschaften an Nachkommen weitergegeben werden können (T. R. Gregory, 2009). Diese Vorstellungen sind abzugrenzen von der Epigenetik, welche nicht die Veränderung der DNA, jedoch das Ein- und Abschalten von einzelnen Genen beschreibt. Solche Veränderungen können tatsächlich vererbt werden (Graf & Hamdorf, 2012). *Typologische*

Vorstellungen implizieren, dass Populationen sich als Ganzes verändern und sich so beispielsweise graduell neuen Umweltbedingungen anpassen. Dies widerspricht der naturwissenschaftlichen Sichtweise, dass jedes Individuum einer Population einzigartig ist und gerade dies ein entscheidender Faktor im Evolutionsprozess darstellt (Graf & Hamdorf, 2012; T. R. Gregory, 2009). Bei *anthropomorphen Vorstellungen* werden menschliche Denkweisen auf andere Lebewesen übertragen; Lebewesen steuern demnach bewusst ihre Anpassung. Eine andere Variante dieser Fehlvorstellung besteht darin, dass die Natur selbst als bewusster Akteur mit Intentionen wahrgenommen wird (T. R. Gregory, 2009). Diese Art der Vorstellung nimmt mit zunehmendem Alter ab (Johannsen & Krüger, 2005). Neben solchen Fehlvorstellungen oder Alltagsvorstellungen zu Evolutionsmechanismen existieren nach Graf und Hamdorf (2012) noch weitere. Demnach fällt es beispielsweise vielen Schüler*innen schwer, die Zeitdimensionen der Evolution zu erfassen. Zudem existiert oft Unklarheit darüber, welche Aspekte mit der biologischen Evolution erklärt werden oder was der Begriff der Theorie im naturwissenschaftlichen Kontext bedeutet. Nach T. R. Gregory (2009) wird die Evolution zudem häufig als einzelnes Ereignis statt eines Prozesses, welcher kontinuierlich und simultan stattfindet, wahrgenommen. Dabei wird davon ausgegangen, dass es in diesem Prozess um alles oder nichts geht ('all or nothing'): Alle angepassten Lebewesen einer Art überleben, die übrigen sterben. In Realität geht es jedoch vielmehr um eine bestimmte, häufig kleine Wahrscheinlichkeit, dass ein Merkmal eher zum Überleben beiträgt und sich so in der Population verbreiten kann. Für Kattmann (2013) besteht eine weitere Alltagsvorstellung darin, dass Schöpfung und Evolution für konkurrierende Tatsachen gehalten werden.

Yasri (2014) nennt fünf Arten von Fehlvorstellungen, welche sich auf die Herkunft derselben beziehen: Fehlvorstellungen, die das Alltagsdenken betreffen (*common-sense misconceptions*), inhaltsbasierte Fehlvorstellungen (*content-based misconceptions*), NOS-basierte Fehlvorstellungen (*NOS-based misconceptions*), nicht wissenschaftliche Fehlvorstellungen (*non-scientific misconceptions*) und umgangssprachliche Fehlvorstellungen (*vernacular misconceptions*). Fehlvorstellungen des Alltagsdenkens entspringen persönlichen Erfahrungen, welche Wissen über Phänomene begründen. Als inhaltsbasierte Fehlvorstellungen definiert Yasri (2014)

Ideen, welche den grundlegenden naturwissenschaftlichen Konzepten widersprechen – beispielsweise lamarckistische Vorstellungen. NOS-basierte Fehlvorstellungen lassen sich auf mangelndes Wissen über *nature of science* zurückführen; ein Beispiel hierfür wäre die Sichtweise, dass wissenschaftliche Theorien unveränderlich sind. Nicht naturwissenschaftliche Vorstellungen beruhen auf Quellen, welche ausserhalb der Naturwissenschaft liegen, wie dies bei religiösen Überzeugungen der Fall ist. Umgangssprachliche Fehlvorstellungen beziehen sich schliesslich auf die unterschiedliche Verwendung von Begriffen in Naturwissenschaft und Alltag – ein bekanntes Beispiel ist der Begriff der Theorie.

3.4.2 Einflussgrössen

In zahlreichen Studien konnten Faktoren eruiert werden, welche mit dem Verständnis der Evolution korrelieren. Die Kontroverse um den Zusammenhang zwischen Verständnis und Akzeptanz wurde bereits im Kapitel 3.3.1 zur Akzeptanz der Evolution erläutert.

Lammert (2012) konnte in einer Studie in Deutschland mit über 3900 Schüler*innen in der neunten und zehnten Klasse zeigen, dass Religiosität in einem negativen Zusammenhang mit dem Verständnis der Evolutionstheorie steht. Dieser Zusammenhang konnte auch bei amerikanischen Studierenden in der Ausbildung zur Lehrperson (Nadelson & Sinatra, 2010) sowie Studierenden, welche einen Kurs zu evolutionärer Medizin besuchten (Barnes, Evans et al., 2017), belegt werden. In einer Untersuchung mit Biologielehrpersonen an amerikanischen Highschools korrelierten die religiösen Überzeugungen ebenfalls negativ mit dem Verständnis der Evolutionstheorie. Dies traf jedoch primär auf Lehrpersonen mit extremen religiösen Überzeugungen zu, während sich das Verständnis von moderat religiösen Personen nicht von der gesamten Stichprobe unterschied (Trani, 2004).

Die Ergebnisse zur Bedeutung von *nature of science* für das Verständnis der Evolution sind ambivalent. In einer Untersuchung von Akyol et al. (2012) mit türkischen Lehrpersonen in Ausbildung zeigte sich ein Zusammenhang zwischen den zwei Faktoren. Sinatra, Pintrich und Smith (2004) konnten in ihrer Erhebung mit amerikanischen Biologiestudierenden zu ihrer Überraschung keinen Zusammenhang zwischen epistemologischen Überzeugungen und Verständnis feststellen.

Auch Cavallo und McCall (2008) konnten keinen Zusammenhang zwischen Überzeugungen zu *nature of science* und dem Verständnis der Evolution belegen. In einer Meta-Analyse von Allum, Sturgis, Tabourazi und Brunton-Smith (2008) wurden allgemeine Haltungen gegenüber der Naturwissenschaft und allgemeine Kenntnisse von naturwissenschaftlichen Fakten verglichen. Die beiden wiesen eine kleine positive Korrelation auf.

Shtulman und McCallum (2014) untersuchten, inwieweit das analytische oder logische Denken mit dem Verständnis von verschiedenen naturwissenschaftlichen Domänen – unter anderem der Evolution – zusammenhängt. Das Verständnis der befragten Studierenden in allen Themengebieten korrelierte signifikant mit ihren analytischen Denkfähigkeiten. Dieses Ergebnis bestätigt die Studien von Lawson und Thompson (1988) und Lawson und Weser (1990), in welchen ebenfalls ein Zusammenhang zwischen logischem Denken und Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten festgestellt werden konnte. Auch die Studie von Mead et al. (2018) weist darauf hin, dass allgemeine naturwissenschaftliche Fähigkeiten – wie beispielsweise das logische Denken – wichtig für das Verständnis sein könnten. Fiedler et al. (2019) untersuchten in einem Biologieeinführungskurs an einer amerikanischen Universität den Einfluss der Fähigkeit zu statistischem und probabilistischem Denken auf das Verständnis der Evolution. Diese erwies sich als signifikanter Prädiktor für die abhängige Variable. In der Studie von Sinatra et al. (2003) mit amerikanischen Biologiestudierenden konnte kein Zusammenhang zwischen Denkdispositionen und Verständnis der Evolution festgestellt werden. Bei genauerer Betrachtung der Subskalen der genannten Konstrukte traten jedoch signifikante Ergebnisse zutage. So wiesen Personen, welche eine Abneigung gegenüber Ambiguität besitzen, tendenziell ein tieferes Wissen zur Evolution auf. Proband*innen hingegen, welche vermehrt offen über andere Sichtweisen nachdenken, zeigten ein grösseres Verständnis. Die starke Festlegung auf eigene Überzeugungen korreliert zudem negativ mit evolutionärem Wissen.

Wie bereits in Kapitel 3.3.1 erwähnt, kann das Verhältnis von Verständnis und Akzeptanz nicht restlos geklärt werden. Religiosität scheint jedoch negativ mit dem Verständnis zu korrelieren. Einzelne Aspekte von *nature of science* sowie analytisches und logisches Denken könnten einen positiven Einfluss ausüben.

3.4.3 Wirkung naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Sekundarstufe

Naturwissenschaftlicher Unterricht verbessert in der Regel das Verständnis der Evolution. Lammert (2012) stellte in seiner Untersuchung jedoch fest, dass dies nicht in einem befriedigenden Masse geschieht. In einer Interventionsstudie von Fenner (2013) an Gymnasien und Gesamtschulen in Deutschland nahm das fachlich adäquate Verständnis der Evolution signifikant zu und unterschied sich ebenfalls signifikant vom Verständnis der Kontrollgruppe. Mead et al. (2017) untersuchten an britischen Sekundarschulen, ob die gewählte Reihenfolge der Themen Genetik und Evolution einen Einfluss auf das Verständnis der Schüler*innen hat. Nach der Unterrichtseinheit zeigten 48 Prozent der Lernenden ein höheres und 26 Prozent ein tieferes Verständnis; der Wissensstand von 26 Prozent der Schüler*innen hatte sich nicht verändert. Begabtere Schüler*innen konnten ihre Leistung in grösserem Masse verbessern – wenn zuerst Genetik unterrichtet wurde, war der Lernzuwachs in der Thematik der Evolution grösser. In einer Studie an einer amerikanischen Highschool von Cavallo und McCall (2008) veränderte sich das Verständnis der Evolution nach einer durchgeführten Unterrichtseinheit ebenfalls.

3.5 Fazit

Die Evolutionstheorie ist das verbindende und erklärende Glied zwischen allen Themenbereichen der Biologie. Zugleich sind viele Fragen und Phänomene, welche uns im Alltag begegnen, ohne Rückgriff auf evolutionäre Prozesse nicht verstehbar (Beniermann, 2019; Dobzhansky, 1973). Die Schule blendete die Bedeutung der Evolution lange aus; die Evolutionstheorie wurde entweder nicht oder – gerade in Gymnasien – erst gegen Ende der Schulzeit unterrichtet (Wilhelm, 2007). Die Evolutionstheorie gehört – vielleicht auch deshalb – unter Laien zu den umstrittensten naturwissenschaftlichen Theorien; ein beträchtlicher Teil der Bevölkerung akzeptiert diese – oder zumindest Aspekte davon – nicht (Miller et al., 2006). Als wichtigste Faktoren, welche die Akzeptanz der Evolution beeinflussen, erwiesen sich die Religiosität und das Verständnis von *nature of science*. Es kann vermutet werden, dass das Verständnis von *nature of science* dabei als Moderatorvariable zwischen Religiosität und Akzeptanz fungiert. Besteht ein differenziertes Verständnis von *nature of science*, muss Religiosität sich nicht negativ auf die Akzeptanz auswirken (Barnes & Brownell, 2016; Dunk & Wiles, 2018; Yasri & Mancy, 2016).

Neben der Förderung der Akzeptanz scheint es auch eine anspruchsvolle Aufgabe, den Schüler*innen im Unterricht adäquate naturwissenschaftliche Vorstellungen zu vermitteln. Viele Fehlvorstellungen überdauern den Unterricht, so dass das Verständnis der Evolution nicht in einem zufriedenstellenden Mass verbessert wird (Lammert, 2012; Weitzel & Gropengiesser, 2009).

Der Unterricht zur Evolution stellt somit verschiedene Herausforderungen. Einerseits müssen Wege gefunden werden, wie Schüler*innen ein adäquates Verständnis entwickeln, andererseits muss die Akzeptanz gefördert werden. Zahlreiche Untersuchungen verweisen auf die zentrale Bedeutung des Verständnisses von *nature of science*. Es bietet sich deshalb an, Aspekten von *nature of science* im Unterricht allgemein, aber auch während des Evolutionsunterrichts, mehr Platz einzuräumen. Bislang ist jedoch nicht geklärt, welche Aspekte des Konstruktes zur Akzeptanz der Evolution beitragen (Pobiner, 2016). Aufgrund der Wirkmächtigkeit von subjektiven Vorstellungen im Lernprozess (vgl. Kapitel 1.7.1.1) scheint in diesem Zusammenhang eine Thematisierung des Verhältnisses von religiösen Vorstellungen und Evolutionstheorie unumgänglich (Barnes & Brownell, 2016; Yasri & Mancy, 2016). Das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft als Aspekt von *nature of science* wird im Kapitel 4 näher beleuchtet.

Herausforderungen zeigen sich auch im Feld der wissenschaftlichen Forschung zu Akzeptanz und Verständnis der Evolution. Die eingesetzten Erhebungsinstrumente sind divers, beruhen auf unterschiedlichen Prämissen und können so die Studienergebnisse und die abgeleiteten Schlussfolgerungen beeinflussen (Barnes et al., 2019). Manche Instrumente setzen die Akzeptanz der Evolution mit einer atheistischen Weltanschauung gleich, was die Anzahl scheinbarer Kreationist*innen erhöhen kann (Elsdon-Baker, 2015). Erschwert wird die Messung der Akzeptanz sowie des Verständnisses zusätzlich durch inkonsistente Vorstellungen bei Schüler*innen (Elsdon-Baker, 2015; Fenner, 2013). Für die vorliegende Studie war es insbesondere eine Herausforderung, Messinstrumente zu finden, welche den Voraussetzungen von Schweizer Sekundarschüler*innen entsprechen.

4 Das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft als Aspekt von *nature of science*

In den letzten zwei Kapiteln wurde deutlich, dass ein differenziertes Verständnis von *nature of science* für das Verständnis und in besonderem Masse für die Akzeptanz der Evolution entscheidend ist. Religiöse Vorstellungen können – wie in zahlreichen Studien belegt – das Lernen sowie die Akzeptanz der Evolution erschweren oder verunmöglichen. Wenn Methoden, Erkenntnisprozesse und Grenzen der Naturwissenschaften sowie deren Verhältnis zu religiösen Überzeugungen im Unterricht reflektiert werden, können naturwissenschaftliche Inhalte als auch religiöse Vorstellungen besser eingeordnet und beurteilt und schliesslich als unterschiedliche oder gar ergänzende Perspektiven wahrgenommen und somit Konflikte reduziert werden.

Unter Naturwissenschaftler*innen besteht jedoch keine Einigkeit darüber, ob und inwieweit religiöse Vorstellungen und Evolutionstheorie kompatibel sind. Nach Winslow et al. (2011) müssen sich diese zwei Bereiche nicht widersprechen: «Religious belief does not have to preclude acceptance of evolution. Theistic evolutionist believe that God works through the laws of nature in harmony with currently accepted theories of science» (S. 1027). Auch Dobzhansky (1973), welcher das viel zitierte Paper *Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution* veröffentlichte, schreibt in eben diesem Beitrag: «Does the evolutionary doctrine clash with religious faith? It does not. ... Only if symbols are construed to mean what they are not intended to mean can there arise imaginary, insoluble conflicts» (S. 129). Eder et al. (2011) vertreten hingegen eine andere Sichtweise: «A common characteristic of religion and other paranormal beliefs must be an (at least partial) ignorance or even denial of scientific methods and findings» (S. 527). Auch die in einer Untersuchung befragten Biologieprofessor*innen einer amerikanischen Universität waren sich in dieser Frage nicht einig. Einige vertraten die Ansicht, man könne die Evolution nur akzeptieren, wenn man anerkenne, dass diese ohne Gott stattgefunden habe, während für andere die Existenz eines Gottes kein Problem darstellte, da dieser sich der naturwissenschaftlichen Erkenntnis entzieht. Wieder andere unterschieden, ob Gott die Evolution nur initialisierte oder auch weiter lenkte; im ersten Fall war eine Akzeptanz möglich, im zweiten nicht (Barnes & Brownell, 2016).

Verschiedene Autor*innen haben versucht, die möglichen Ansichten über das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft zu ordnen und zu strukturieren. Das erste Kapitel beschäftigt sich mit Typologien zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft, während das zweite Kapitel konkrete Positionen zum Verhältnis von Schöpfung und Evolution darlegt. In einem dritten Teil wird die Sichtweise, dass religiöse Vorstellungen und Evolution in Konflikt stehen müssen, als Ausdruck eines mangelnden Verständnisses von *nature of science* interpretiert. Auf dieser Grundlage wird die Position der Schule in diesem Diskurs sowie die Thematisierung des Verhältnisses von Religion und Naturwissenschaft im Unterricht adressiert.

4.1 Typologien zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft

In der Literatur finden sich zahlreiche Typologien zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft (Tenneson, Bundrick & Stanford, 2015). Diese Arbeit bezieht sich primär auf die Einteilung von Yasri und Mancy (2014), welche sich dabei auf eine Kategorisierung des Wissenschaftsphilosophen Ian Barbour (1990) stützen. Nach Erläuterung dieser Kategorisierung wird eine weitere Einteilung von Hanley, Bennett und Ratcliffe (2014) dargelegt, welche die Bereitschaft der Schüler*innen fokussiert, das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft zu erkunden. Diese zweite Perspektive ermöglicht einen stärkeren Einblick in die Persönlichkeitsmerkmale verschiedener Gruppen.

Yasri und Mancy (2014) definieren vier Varianten, wie Religion und Naturwissenschaft in Beziehung gesetzt werden können: Konflikt (*conflict*), Kontrast (*contrast*), Ergänzung (*complement*) und Verschmelzung (*coalescence*) (vgl. Abbildung 3). Im ersten Fall sind Religion und Naturwissenschaft im Konflikt und stehen sich unvereinbar mit gegensätzlichen Antworten gegenüber – als extreme Pole dieses Typus können der Szientismus und der Kreationismus gelten. Die zweite Position – Kontrast – betrachtet Religion und Naturwissenschaft als klar abgrenzbare Domänen, welche unterschiedliche Fragen beantworten und sich dazu unterschiedlicher Methoden bedienen – folglich existiert kein Konflikt. Während die Naturwissenschaft die natürliche Welt untersucht, beschäftigt sich die Religion mit Fragen zu Sinn und Moral. Barbour (1990) nennt diese Kategorie Unabhängigkeit (*independence*). In

der dritten Position – Ergänzung – sind beide Bereiche komplementär, beschreiben dieselbe Wirklichkeit und sind gleichermassen notwendig, um die Welt zu erfassen und ein profunderes Verständnis derselben zu erhalten. In der Einteilung von Barbour (1990) wird dieser Typus Dialog (*dialogue*) genannt, was auf die konstruktive Beziehung der beiden Bereiche und den Fokus auf Ähnlichkeiten hinweist. Kattmann (2017b) drückt dies folgendermassen aus: «Nach dem Erfassen und Anerkennen der unterschiedlichen Perspektiven ist daher zu prüfen, ob Naturwissenschaft und Religion sich nicht doch etwas zu sagen haben» (S. 202). Die letzte Position – Vereinigung – versucht, religiöse und naturwissenschaftliche Erklärungen zusammenzuführen. Religiöse Behauptungen werden durch die Naturwissenschaft begründet und umgekehrt, da keine eindeutige Trennung existiert. Diese vierte Kategorie wird von Barbour (1990) als Integration (*integration*) bezeichnet.

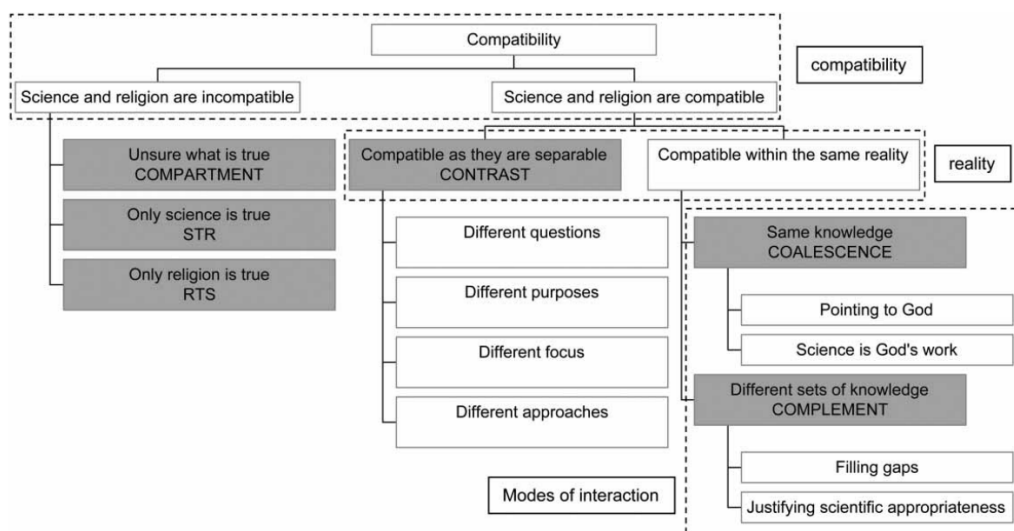


Abbildung 3: Typologie zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft nach Yasri und Mancy, 2014, S. 32.

In den drei Positionen Kontrast, Ergänzung und Vereinigung lassen sich Religiosität und naturwissenschaftliche Erkenntnisse verbinden, während die Position des Konflikts entweder das eine oder das andere ausschliesst.

Hanley, Bennett und Ratcliffe (2014) entwickelten eine Typologie des Engagements, welche den Willen von Schüler*innen widerspiegelt, das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft zu erkunden. Dazu liessen die Autorinnen 14-16-jährige Lernende in England einen Fragebogen zur Entstehung von Lebewesen ausfüllen und führten Diskussionsrunden in Gruppen durch. Es kristallisierten sich vier

Typen heraus: *Resistors (Re)*, *Confused (Co)*, *Reconciled (Rc)* und *Explorers (Ex)*. Für *Resistors* standen religiöse Überzeugungen über den naturwissenschaftlichen Fakten. Sie waren der Meinung, dass die beiden Bereiche nicht in Einklang gebracht werden können oder sollten. Bei den *Confused* zeigten sich zwei Kategorien: Während es einigen nicht gelang, Naturwissenschaft und Religion zu versöhnen, obschon sie sich bereits eingehender mit der Thematik beschäftigt hatten, waren andere wiederum verwirrt, da sie sich noch nicht damit auseinandergesetzt hatten. *Reconciled* haben sich mit ihren religiösen Vorstellungen und den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen arrangiert und sind in der Lage, beide Bereiche zu akzeptieren. Inwiefern es sich um eine echte Versöhnung der beiden Sphären oder lediglich einen widerwilligen Kompromiss handelt, muss gemäss den Autorinnen offengelassen werden. Die *Explorers* haben Freude an der Beschäftigung mit der Thematik und sehen Naturwissenschaft und Religion eher als harmonisierende und nicht im Wettbewerb stehende Bereiche. Sie wägen die verschiedenen Formen der Erkenntnis ab, sind offen für eine Anpassung ihrer Sichtweisen und ihre Fähigkeit zu kritischem Denken sowie ihr Wille, Dinge in Frage zu stellen, sind besonders ausgeprägt. Diese vierte Gruppe war nach Angaben der Autorinnen in der Stichprobe nicht stark verbreitet. Alle Typen wurden mithilfe von vier Dimensionen beschrieben: *Foundation of knowledge*, *tolerance of uncertainty*, *open-mindedness* und *nature of science/religion relationship*. Die Abbildung 4 stellt diese Einordnung in die Dimensionen dar:

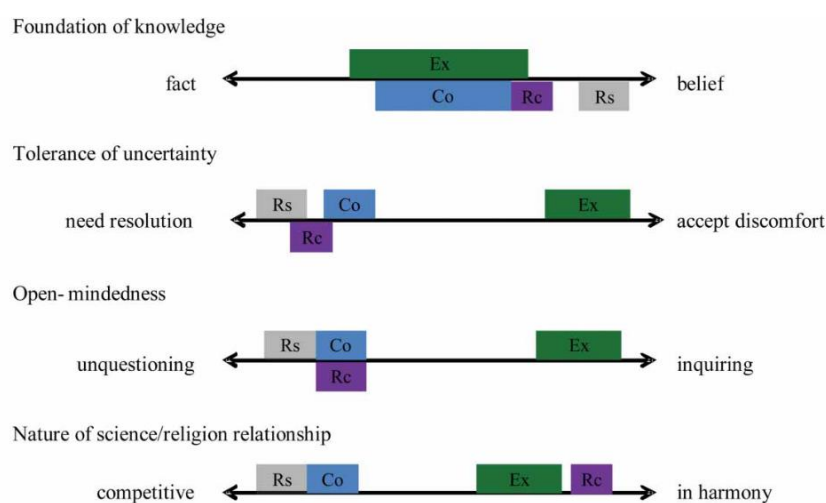


Abbildung 4: Beschreibung der vier Typen des Engagements anhand von vier Dimensionen nach Hanley et al., 2014, S. 1220.

Wenn die Akzeptanz der Evolution sowie differenzierte epistemologische Überzeugungen das Ziel von Biologieunterricht darstellen, kann das Modell als hierarchisch betrachtet werden. Die Zugehörigkeit der Schüler*innen zur Gruppe der *Explorers* würde folglich präferiert, eine Zuordnung zur Gruppe der *Resistors* wäre unerwünscht.

Religiöse Schüler*innen, welche die Evolution ablehnen, können durch den Unterricht darin unterstützt werden, ihre bisherigen Ansichten zu hinterfragen. Durch die Auseinandersetzung mit Aspekten von *nature of science* können sie ihre religiösen Vorstellungen und naturwissenschaftlichen Erkenntnisse in Einklang bringen oder zumindest wahrgenommene Widersprüche entschärfen. Im Idealfall sind sie – entsprechend dem Typus des *Explorers* – in einen kritischen Diskurs involviert und offen für eine Anpassung ihrer Sichtweisen.

4.2 Positionen zum Verhältnis von Schöpfung und Evolution

Höger (2008) entwickelte eine Typologie der Welterklärung und untersuchte mithilfe von Interviews mit Abiturient*innen, inwieweit diese empirisch bestätigt werden können. «Der Begriff ‘Welterklärung’ beschreibt, wie die beiden Konzepte der Schöpfer- und der Kosmologieeinstellung miteinander verbunden werden können» (Höger, 2008, S. 83). Die Kosmologieeinstellung beinhaltet die Beurteilung der Plausibilität von naturwissenschaftlichen Erklärungen zur Entstehung der Welt – im Fokus steht primär die Urknalltheorie. Somit bildet nicht die Evolutionstheorie, sondern die Entstehung des Universums und der Welt den Schwerpunkt der Untersuchung. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Schüler*innen auf der Sekundarstufe diese beiden Aspekte nicht differenziert zu trennen vermögen. Auf theoretischer Ebene lassen sich – nach Höger (2008) – neun mögliche Typen bilden, welche in der Tabelle 12 illustriert werden. Es finden sich drei Varianten der Kosmologieeinstellung: Kosmologieglaube bedeutet, dass astrophysikalische Erklärungen zur Entstehung der Welt für wahr gehalten werden. Kosmologieoffenheit impliziert, dass an solchen Erklärungen gezweifelt wird. Im Feld Kosmologienichtglaube werden naturwissenschaftliche Beschreibungen vollständig abgelehnt. In der Untersuchung stellte sich heraus, dass die Proband*innen die Frage nach der Weltentstehung nicht auf das gesamte Universum, sondern lediglich auf die Erde beziehen, so

dass der Begriff der Kosmologiehaltungen durch den Begriff der Naturwissenschaftshaltungen ersetzt wurde. Auch bezüglich der Einstellung gegenüber einem Schöpfer existieren drei Möglichkeiten: Von Schöpferglaube kann gesprochen werden, wenn ein Individuum davon ausgeht, dass eine höhere Macht, eine Gottheit, die Welt erschaffen hat. Schöpferoffenheit bedeutet, dass Unsicherheit bezüglich dieser Frage besteht. Schöpfernichtglaube wiederum impliziert, dass die Schöpfung durch eine höhere Instanz abgelehnt wird. Empirisch konnten in der Studie von Höger (2008) lediglich der naturalistische Schöpferglaube, die naturalistische Schöpferagnosis, der exklusive Naturalismus, der universale Zweifel, die naturwissenschaftskritische Schöpfernegierung sowie der Kreationismus bestätigt werden (vgl. grau hinterlegte Felder in Tabelle 12).

Tabelle 12: *Typologie der Welterklärung nach Höger, 2008, S. 83 und S. 195*

	Schöpferglaube	Schöpferoffenheit	Schöpfernichtglaube
Naturwissenschaftsglaube¹	Naturalistischer Schöpferglaube	Naturalistische Schöpferagnosis	Exklusiver Naturalismus
Naturwissenschaftsoffenheit	Naturwissenschaftskritischer Schöpferglaube	Universaler Zweifler	Naturwissenschaftskritische Schöpfernegierung
Naturwissenschaftsnichtglaube	Kreationismus	Antinaturalistische Schöpferagnosis	Antinaturalistische Schöpfernegierung

Wenn das Ziel des Biologieunterrichts die Akzeptanz der Naturwissenschaft oder die Akzeptanz der Evolution ist, erfüllen lediglich die Typen des naturalistischen Schöpferglaubens, der naturalistischen Schöpferagnosis sowie des exklusiven Naturalismus dieses Kriterium. Dem naturalistischen Schöpferglaube liegt eine Kontrast-, Ergänzungs- oder Verschmelzungsperspektive zugrunde. Die Position kann nur eingenommen werden, wenn Religion und Naturwissenschaft nicht als sich gegenseitig widersprechend empfunden werden.

Yasri und Mancy (2016) entwickelten aus bereits existierenden Kategorisierungen ein Spektrum von Positionen, welche die Beziehung von Evolution und Schöpfung aufzeigen. Die Beschreibungen der Positionen wurden auch in der vorliegenden

¹ Höger (2008) verwendet in seiner Untersuchung den Begriff Naturwissenschaftsglaube respektive Naturwissenschaftsnichtglaube, auch wenn die Kombination der Begriffe Naturwissenschaft und Glaube in dieser Arbeit als problematisch erachtet wird (vgl. Kapitel 4.3).

Studie – in leicht adaptierter Form – eingesetzt. Die ursprünglichen Beschreibungen der Positionen werden in der Tabelle 13 übersetzt dargestellt.

Tabelle 13: *Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung übersetzt nach Yasri und Mancy, 2016*

Wörtlicher Kreationismus	Alle Lebewesen wurden von einer Gottheit in mehr oder weniger ihrer heutigen Form zur gleichen Zeit geschaffen.
Höhere Gattungen erschaffen	Einige Lebewesen sind aus früheren Formen hervorgegangen, die von einer Gottheit erschaffen wurden. Höhere Arten wie Reptilien, Vögel und Säugetiere wurden jedoch mehr oder weniger in ihrer heutigen Form erschaffen.
Nur Menschen erschaffen	Einige Lebewesen entwickelten sich aus früheren Formen, die von einer Gottheit geschaffen wurden, aber die Menschen wurden in mehr oder weniger ihrer heutigen Form erschaffen.
Progressive Schöpfung	Alle Lebewesen wurden im Laufe der Zeit schrittweise von einer Gottheit in mehr oder weniger ihrer heutigen Form geschaffen.
Theistische Evolution	Alle Lebewesen entwickelten sich aus früheren Formen, aber eine Gottheit greift von Zeit zu Zeit ein, um die evolutionären Prozesse zu formen oder zu überschreiben.
Deistische Evolution	Alle Lebewesen entwickelten sich aus früheren Formen, aber das Leben und die Evolution wurden zuerst von einer Gottheit in Gang gesetzt und liefen dann ohne zusätzliche Eingriffe weiter.
Agnostische Evolution	Leben entstand aus nicht lebenden Teilchen und dann entwickelten sich alle heutigen Lebewesen aus diesen früheren Formen. Eine Gottheit kann existieren, dies ist jedoch außerhalb des Bereichs der Evolutionstheorie.
Atheistische Evolution	Leben entstand aus nicht lebenden Teilchen und dann entwickelten sich alle heutigen Lebewesen aus diesen früheren Formen. Keine Gottheit hat je eine Rolle in der Evolution des Lebens auf der Erde gespielt.

Die vier ersten Positionen entsprechen einer Form von Kreationismus und beinhalten somit eine Ablehnung der Evolution. Nach Höger (2008) wären diese Sichtweisen der Typologie des Kreationismus zuzuordnen. Die theistische sowie die deistische Evolution sind Formen einer göttlichen Evolution, welche eine Akzeptanz der Evolution miteinschliesst. Sie können somit Ausdruck einer Kontrast- oder Ergänzungsperspektive sein, welche sich in der Typologie von Höger (2008) im Begriff des naturalistischen Schöpferglaubens widerspiegelt. Die agnostische Evolution entspricht einer naturwissenschaftlichen Sichtweise, welche sich aufgrund des methodischen Materialismus nicht mit der Frage nach Gott oder Schöpfung beschäftigt. Die letzte Position, die atheistische Evolution, schliesst eine Mitwirkung einer Gottheit an der Entstehung von Lebewesen aus. Diese Perspektive entspricht nach der Typologie von Höger (2008) dem exklusiven Naturalismus. Die Abbildung 5 stellt die erläuterten Zusammenhänge grafisch dar.

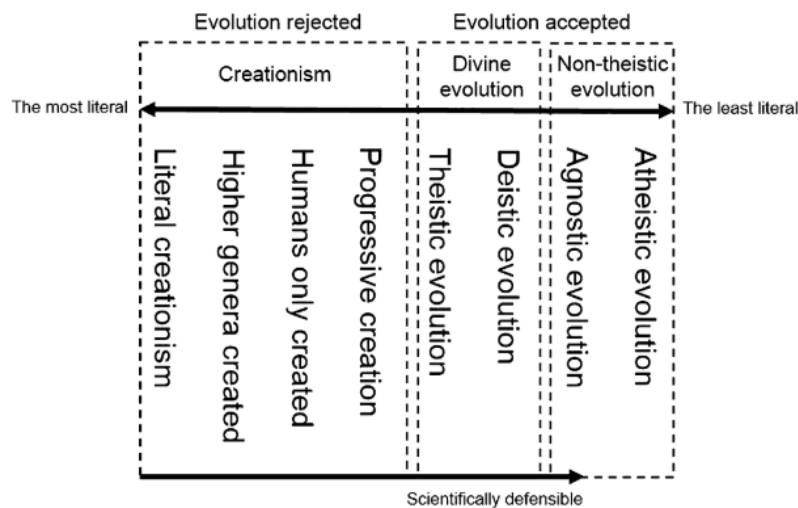


Abbildung 5: Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung nach Yasri und Mancy, 2016, S. 387.

In den folgenden Abschnitten werden die zentralen Positionen zum Verhältnis von Schöpfung und Evolution näher ausgeführt:

Kreationist*innen zeichnen sich durch eine buchstäbliche Lesart der Bibel aus und glauben im Allgemeinen, dass die Arten in der heutigen Form von einem Schöpfergott erschaffen wurden (Graf & Lammers, 2011; Kattmann, 2013, 2015). Es lassen sich jedoch verschiedene Richtungen unterscheiden: Die *Junge-Erde-Kreationist*innen* gehen davon aus, dass die Erde lediglich 6000 bis 10'000 Jahre alt ist, während die *Alte-Erde-Kreationist*innen* die biblischen Zeitangaben nicht wörtlich interpretieren, jedoch an die synchrone Erschaffung aller Lebewesen glauben. Die biologische Evolution der Lebewesen wird abgelehnt. Manche Kreationist*innen akzeptieren die sogenannte Mikroevolution: Die Eigenschaften der Lebewesen, wie beispielsweise die Fellfarbe, können variieren und sich verändern. Die Entstehung von neuen Eigenschaften oder Komplexitätsstufen – die sogenannte Makroevolution – wird jedoch abgelehnt (Beniermann, 2019; Graf & Lammers, 2011). Kreationismus ist nicht gleichzusetzen mit dem Glauben an einen Schöpfergott (Reiss, 2008). Eine weitere Spielart des Kreationismus ist die Lehre des *Intelligent Design*, welche aufgrund der vorhandenen Komplexität der Lebewesen auf die Notwendigkeit eines intelligenten Planers schliesst. Anhänger*innen des *Intelligent Design* bezeichnen sich nicht als Kreationist*innen, argumentieren nicht religiös und geben sich so einen naturwissenschaftlichen Anstrich (Graf & Lammers, 2011; Kattmann, 2015; Konemann, Asshoff & Hammann, 2016).

Die **theistische Evolution** geht von einer Zielgerichtetheit der Evolution aus, welche von einem Schöpfergott in Gang gesetzt und ermöglicht oder kontrolliert wird (Beniermann, 2019; Waschke & Lammers, 2012). Die Schöpfung kann dabei beispielsweise als ein andauernder Prozess betrachtet werden (*creatio continua*) (Juncker, 2011). Martin Nowak, ein Evolutionsbiologe, welcher an der Harvard Universität forscht, äusserte sich in einem Interview folgendermassen: «Die Evolution beschreibt die Entstehung und Entwicklung des Lebens auf diesem Planeten und vermutlich überall im Universum. Ohne Gott gäbe es kein Universum, keine Biologie, keine Evolution» (Lebert & Schwägerl, 2016, S. 2). An anderer Stelle formuliert er: «Es ist nicht so, dass Gott nur ganz am Anfang alles irgendwie gemacht hat. Er ist notwendig, um jeden Moment in Existenz zu halten. Auch diesen Moment gäbe es nicht ohne die erhaltende Kraft Gottes» (Lebert & Schwägerl, 2016, S. 2). Martin Nowak kann der Position der theistischen Evolution zugeordnet werden und grenzt sich mit seinem zweiten Zitat klar von der **deistischen Evolution** ab. Gemäss dieser Vorstellung hat Gott zwar die Welt erschaffen, greift jedoch nicht weiter ein (Juncker, 2011). Die *Biologos Foundation*, welche von gläubigen Naturwissenschaftler*innen gegründet wurde, vertritt ebenfalls die Position der theistischen Evolution. In ihren Glaubenssätzen legen sie dar, dass Gott die Erde und das Leben über viele Milliarden Jahre geschaffen hat und weiterhin dafür sorgt, dass die Existenz und das Funktionieren der natürlichen Welt gewährleistet ist (Biologos, 2019).

Als **agnostische Evolution** bezeichnen Yasri und Mancy (2016) die Sichtweise, dass der Rolle Gottes im Evolutionsprozess in der Evolutionstheorie keine Bedeutung zukommt. Agnostiker*innen vertreten die Meinung, dass die Frage nach der Existenz oder Nicht-Existenz eines Gottes aufgrund der Grenzen menschlichen Wissens nicht beantwortet werden kann. Da sich naturwissenschaftliche Forschung auf die Untersuchung der natürlichen Welt beschränkt, kann diese Position als naturwissenschaftliche Sichtweise betrachtet werden.

Die **atheistische Evolution** widerspiegelt die Überzeugung, dass kein Gott an der Erschaffung und Entwicklung des Lebens beteiligt war. Diese Sichtweise kann nicht als naturwissenschaftlich betrachtet werden, da sich Naturwissenschaften lediglich mit natürlichen Phänomenen auseinandersetzen (vgl. Kapitel 4.3.). Problematisch wird es, wenn die Akzeptanz der Evolution mit der Position der atheistischen Evolution gleichgesetzt wird – wie dies einige eingesetzte Messinstrumente

implizieren (vgl. Kapitel 3.2) – was auf eine szientistische Haltung hindeutet. Nach Stenmark (1997) kann sich der **Szientismus** auf den wissenschaftlichen oder den gesellschaftlichen Bereich beziehen: In Bezug auf die Wissenschaft proklamiert der Szientismus, dass alle wissenschaftlichen Disziplinen letztlich auf die Naturwissenschaften reduziert werden können – ist dies nicht möglich, wird die Wissenschaftlichkeit oder Bedeutung aberkannt. Auf gesellschaftlicher Ebene widerspiegelt der Szientismus die Sichtweise, dass alle wichtigen Bereiche des menschlichen Lebens auf die Naturwissenschaften reduziert oder in diese übersetzt werden können (Stenmark, 1997). Es existieren verschiedene Ausprägungen und Formen des Szientismus, welche Stenmark (1997) übersichtlich darstellt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Szientismus davon ausgeht, dass die naturwissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung auf alle Bereiche übertragen werden sollten und die Naturwissenschaft sämtliche relevanten Fragen beantworten kann. Real ist nur, was mithilfe der Naturwissenschaften erforscht werden kann (Bayrhuber, 2011). «Es wird geglaubt, dass einzig und allein die Naturwissenschaften Antworten auf die Fragen der Welt geben können» (Kattmann, 2017b, S. 203). Die Naturwissenschaft hat somit keine prinzipiellen Grenzen und kann die sinnstiftende Funktion von Religionen übernehmen oder als Quelle für ethische und moralische Werte dienen (Kattmann, 2013; Korte, Berger, Imwalle & Hänze, 2017; Stenmark, 1997). Diese eingeschränkte Perspektive auf die Welt schliesst somit alle weiteren Formen der Erkenntnis aus. Szientist*innen sind der Meinung, dass die Schöpfungslehre durch die Evolutionstheorie widerlegt wird und Religion und Naturwissenschaft somit nicht kompatibel sind (Rothgangel, 2011). Als populärer Vertreter des Szientismus kann Richard Dawkins gelten, welcher versucht, die Existenz Gottes aus naturwissenschaftlicher Perspektive zu beurteilen (Kattmann, 2010b).

4.3 Kreationismus und Szientismus – Die Konfliktperspektive als Ausdruck eines mangelnden Verständnisses von *nature of science*

Strikte Ablehnung der Evolution hängt mit einem unzureichenden Verständnis von theologischen Aussagen, strikte Ablehnung religiöser Aussagen mit einer ebenso unzureichenden Reflexion erkenntnistheoretischer Aussagen und daher mit einer wissenschaftsgläubigen (scientistischen) Einstellung zusammen. (Kattmann, 2017b, S. 202)

Szientismus und Kreationismus sind zwei weit verbreitete Strömungen, welche das Einnehmen einer Kontrast- oder Ergänzungsperspektive auf die Frage zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft verunmöglichen. Nach Bayrhuber (2011) beruht sowohl die Existenz des Kreationismus als auch des Szientismus auf einem falschen Verständnis von *nature of science*. Um diese Aussage zu beleuchten, werden an dieser Stelle die wichtigsten Unterschiede zwischen Religion und Naturwissenschaft, wie sie von verschiedenen Autor*innen geäußert werden, dargestellt.

Naturwissenschaftliche Aussagen werden als objektiv – oder allenfalls intersubjektiv – und von jedermann überprüfbar klassifiziert, während religiöse Vorstellungen subjektiv sind (Ohly, 2012). Zudem wird zwischen induktivem und deduktivem Erkenntnisprozess unterschieden: In Naturwissenschaften werden Beobachtungen und Experimente genutzt, um Hypothesen zu prüfen, in Religionen liegt der Ausgangspunkt in bereits definierten Wahrheiten (Lovely & Kondrick, 2008). Naturwissenschaftliche Aussagen müssen falsifiziert werden können, während sich Religionen häufig mit Phänomenen beschäftigen, welche keine Falsifizierung zulassen. So kann die Existenz von Gott oder Engeln beispielsweise nicht widerlegt werden (Kattmann, 2015). Neben den Methoden differiert oftmals auch die Art der Fragen. Während sich Religionen mit Fragen zu Sinn und Moral auseinandersetzen, beschränkt sich die Naturwissenschaft auf die Untersuchung von natürlichen Phänomenen. Naturwissenschaften sagen eher etwas darüber aus, wie die Welt ist und nicht wie diese sein sollte (Reiss, 2008). Dabei stützen sie sich auf den Naturalismus oder den methodischen Materialismus; es dürfen lediglich natürliche und somit keine übernatürlichen Phänomene für Erklärungen beigezogen werden (Ohly, 2012).

Nach Kattmann (2017b) interpretieren Kreationist*innen biblische Texte als naturwissenschaftliche Aussagen und ignorieren dabei, dass religiöse Schriften diesen Anspruch nicht erfüllen wollen und können. Nach der Kontrast- und Ergänzungsperspektive unterscheiden sich die Fragestellungen in Religion und Naturwissenschaft; religiöse Schriften bieten keine naturwissenschaftliche Beschreibung der Natur, sondern beschäftigen sich mit Gott, dem Menschsein und einem sinnvollen Leben (Bayrhuber, 2011; Schröder, 2011). Die Anhänger*innen des *Intelligent Design* – genauso wie die Szientist*innen – respektieren die Grenzen der Naturwis-

senschaften nicht, welche sich aufgrund des methodischen Materialismus oder Naturalismus auf natürliche Phänomene beschränken. Die Erklärung der Komplexität der Lebewesen durch Bezugnahme auf eine übersinnliche Kraft wird diesem Anspruch nicht gerecht; die Lehre des *Intelligent Design* ist somit keine naturwissenschaftliche Theorie. Der Szientismus wiederum respektiert die Grenzen des naturwissenschaftlichen Geltungsbereichs ebenfalls nicht, indem er jegliche der Naturwissenschaft nicht zugängliche Realität ausschliesst, so dass nicht mehr von methodischem Materialismus, sondern von weltanschaulichem Materialismus (Ohly, 2012) oder ontologischem Naturalismus (Bayrhuber, 2011; Kattmann, 2010a) gesprochen werden muss. Eine solche szientistische Sichtweise wird indes häufig durch den Naturwissenschaftsunterricht in der Schule gefördert, welcher naturwissenschaftliche Erkenntnisse als unveränderbare Fakten präsentiert (Rothgangel, 2011).

Nach Kattmann (2017b) sollen religiöse Vorstellungen und naturwissenschaftliche Erkenntnisse nicht gegeneinander ausgespielt werden. Vielmehr sollen die Eigenheiten und der Wert beider Perspektiven auf die Welt thematisiert werden, denn «Naturwissenschaft und Religion sind unterschiedliche Zugänge zur Wirklichkeit. Beide liefern Motive zum verantwortlichen Handeln» (Kattmann, 2015, S. 18). Nach Schröder (2011) lassen sich der Glaube an eine Schöpfung und die Akzeptanz der Evolutionstheorie verbinden:

Man kann an Schöpfung und Evolutionstheorie glauben: Ich glaube, dass mich Gott geschaffen hat (dass ich von ihm gewollt und anerkannt bin); wie das vonstättenging, phylogenetisch und ontogenetisch, darüber sagen uns die Naturwissenschaften sehr viel, wenn auch nicht in jedem Fall Endgültiges. (S. 94)

Eine solche Koexistenz ist indes nur möglich, wenn sowohl das Wesen der Religion als auch der Naturwissenschaft differenziert betrachtet und als unterschiedlich akzeptiert wird. Eine buchstäbliche Bibelauslegung beispielsweise wird unvermeidlich zu Konflikten mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen führen.

Junker (2011) kritisiert die beschriebene Aufteilung der Welt in zwei Dimensionen und hält diese für künstlich. Seiner Meinung nach ist diese Aufteilung in Fragen und Antworten, welche die Naturwissenschaft respektive die Religion geben kann,

für viele Menschen zu abstrakt und überfordernd (Junker, 2011). Seine Schlussfolgerung daraus lautet:

Die weit verbreitete Annahme, dass der Konflikt zwischen Evolutionstheorie und Schöpfungsglauben überwindbar sei, lässt sich nicht bestätigen, sondern die historischen und aktuellen Diskussionen zeigen das Gegenteil. Die Behauptung der Vereinbarkeit jedenfalls ist reines Wunschdenken, solange nicht gezeigt wird, wie die ungelösten Widersprüche beseitigt werden können. Aus Sicht der Evolutionsbiologie kann keiner der genannten Harmonisierungsversuche überzeugen und weder die Strategien der Vermittlung noch jene der Aufspaltung führen zu einem befriedigenden Ergebnis. (Junker, 2011, S. 88)

Es wird deutlich, dass zu dieser Frage – wie bereits einleitend erwähnt – unterschiedliche Ansichten existieren. Junker (2011) ist der Meinung, es komme zum Konflikt «zwischen der wissenschaftlichen und der religiösen Denkweise, die sich an der (Nicht-) Existenz der Wunder entzündet» (S. 85). Diese Argumentation scheint nicht überzeugend: Religiöse Menschen können die Evolutionstheorie akzeptieren und zusätzlich religiöse Vorstellungen zur Evolution haben, welche von der naturwissenschaftlichen Theorie aufgrund des methodischen Materialismus nicht erklärt werden. Voraussetzung dafür ist, dass nicht nur eine naturwissenschaftliche Perspektive auf die Welt als legitim betrachtet wird. Elsdon-Baker (2015) spricht sich ebenfalls dafür aus, eine Akzeptanz der Evolution nicht mit einer atheistischen Weltanschauung zu verbinden. Sie schreibt dazu:

Far from arguing that spiritual explanations should be included in scientific discourse or communication, I am arguing that we need to recognize the nuanced, varied and, in some cases, sophisticated accommodationist models employed across differing cultural contexts in a way that does not exclude people of any faith from being evolutionists. (Elsdon-Baker, 2015, S. 437)

Die kontroversen Diskussionen zum Verhältnis von Religion und Evolution können als mangelndes Bewusstsein für die Unterschiedlichkeit der beiden Perspektiven und somit für ein mangelndes Verständnis von *nature of science* interpretiert werden. Dies unterstreicht die Bedeutung der Thematisierung von *nature of science* im Unterricht, so dass einerseits die Akzeptanz der Evolution und andererseits ein fruchtbarer Dialog gefördert werden kann.

4.4 Positionierung von Schule und Lehrpersonen

Für Lehrpersonen und die Institution Schule stellt sich die Frage nach der eigenen Positionierung zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im (Evolutions-)Unterricht. Allzu oft besteht die Strategie in der vollständigen Separierung der zwei Fachbereiche. Wenn die theoretischen Grundlagen und empirischen Ergebnisse zu Vorwissen und Alltagsvorstellungen ernst genommen werden, ist dies jedoch keine valable Option (vgl. Kapitel 1.7.1.1). Religiöse oder übersinnliche Vorstellungen werden bei Schüler*innen in der Konfrontation mit spezifischen Themen automatisch aktiviert, so dass Lehrpersonen die Frage der Positionierung nicht umgehen können. Der Lehrplan 21 äussert sich nicht explizit zu dieser Thematik; die Aufgliederung des Faches NMG in vier inhaltliche Perspektiven, welche der Erschliessung der Welt dienen, impliziert jedoch eine Kontrast- oder Ergänzungsperspektive. Sowohl im Fachbereich Ethik, Religionen, Gemeinschaft als auch in Natur und Technik wird die Wichtigkeit einer Abgrenzung explizit als eine mit den Schüler*innen zu erreichende Kompetenz erwähnt (D-EDK, 2016). Der Unterrichtseinheit, welche in der vorliegenden Untersuchung eingesetzt wird, liegt ebenfalls diese Sichtweise zugrunde. Naturwissenschaftliche und religiöse Erkenntnisprozesse werden deutlich voneinander abgegrenzt, wie dies ein differenziertes Verständnis von *nature of science* nahelegt (vgl. Kapitel 4.3).

Neben der Bedeutung von subjektiven Schüler*innenvorstellungen sprechen auch Forschungsergebnisse zum Einfluss religiöser Überzeugungen auf das Lernen und die Akzeptanz für die Integration solcher Perspektiven, welche als kompatibel mit naturwissenschaftlichen Konzepten dargestellt werden sollen. Yasri und Mancy (2014) untersuchten an einer thailändischen Highschool mithilfe von Interviews, welchen Einfluss die Wahrnehmung des Verhältnisses von Religion und Naturwissenschaft (Konflikt, Kontrast, Ergänzung, Vereinigung) auf das Lernen im Evolutionsunterricht ausübt (vgl. Kapitel 3.3.1). Vier Lernende lehnten die Evolution ab und waren der Ansicht, dass diese nicht vereinbar mit ihren religiösen Vorstellungen sei. Ihr Lernen wird als *learning to falsify* beschrieben, da sie aktiv versuchten, ihre eigene Position zu stärken und mit Argumenten zu untermauern. Eine Studentin war sich nicht sicher, ob nun die Religion oder die Naturwissenschaft die richtigen Antworten zur Verfügung stellt. «As I know, if I ask biology teachers, of

course, they will use scientific evidence to explain it to me. If I ask religious teachers, they are going to let me read what the Bible says» (Yasri & Mancy, 2014, S. 34). Da ihre Umgebung jeweils nur eine Perspektive anbot, konnte die Schülerin religiöse und naturwissenschaftliche Vorstellungen nicht zusammenführen und war gezwungen, ihre Verwirrung zu ignorieren. So war ihr Lernen durch kontextuelles Umschalten geprägt (*contextual switching*). Die Schüler*innen, welche sich der Position Kontrast zuordneten, wertschätzten sowohl die naturwissenschaftlichen als auch die religiösen Erklärungen. Um ein konfliktfreies Lernen im Bereich der Evolution zu ermöglichen, mussten sich diese zuerst mit den Unterschieden der beiden Domänen beschäftigen, so dass eine Trennung der verschiedenen Perspektiven möglich war (*differentiating*). Ein Student liess sich der Position Ergänzung zuordnen. Seiner Meinung nach stellt die Naturwissenschaft ein Werkzeug dar, um seinen religiösen Glauben zu bestätigen. Die Autorinnen nennen dieses Lernen *refining*, da religiöse Vorstellungen mithilfe der Naturwissenschaft weiterentwickelt und verfeinert werden. Ein anderer Student ging einen Schritt weiter und äusserte, man solle christliche Biologielehrpersonen einsetzen, «in order to ‘make evolution a form of scientific creation and make creation a form of scientific belief’» (Yasri & Mancy, 2014, S. 37). Sein Lernen wird als Vereinheitlichung bezeichnet (*unification*).

In einer Studie mit 33 amerikanischen Studierenden zeigte sich, dass Personen, welche die Evolutionstheorie ablehnen, das Lernen derselben weniger positiv erlebten und unter anderem den Konflikt zwischen Evolution und ihren religiösen Überzeugungen als problematisch empfanden (Donnelly, Kazempour & Amirshokoohi, 2009). Die Bedeutung des wahrgenommenen Verhältnisses von Evolution und Religion wurde auch in den Studien von Yasri und Mancy (2016) sowie Dunk und Wiles (2018) deutlich, welche bereits im Kapitel 3.3.1 ausgeführt wurden.

Die Studien zeigen, dass die Konfliktperspektive einem erfolgreichen Lernen sowie der Akzeptanz der Evolution entgegensteht. Wenn Lehrpersonen Religion und Naturwissenschaft im Unterricht als antagonistisch darstellen, werden sie den religiösen Schüler*innen das Lernen sowie eine Akzeptanz erschweren. Schüler*innen sollen sich in der Schule nicht zwischen Naturwissenschaft und Religion entscheiden müssen (Hamman & Asshoff, 2011). Wird die Frage nach dem Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft ausgeklammert – wie dies häufig der Fall sein

dürfte – führt dies zur Entstehung von zwei unabhängigen Wissensstrukturen, die je nach Situation aktiviert werden. Religiöse Inhalte dürfen dabei jedoch nicht unreflektiert als alternative Theorien zur Entstehung von Lebewesen präsentiert werden. Eine solche undifferenzierte Gegenüberstellung von religiösen und naturwissenschaftlichen Vorstellungen, welche als unterschiedliche Meinungen zu einem Sachverhalt dargestellt werden, fand sich im Lehrmittel NaturWert, dessen Veröffentlichung Kritik hervorrief. Aufgrund des Protestes liess der Verlag die entsprechende Unterrichtseinheit entfernen (Graf & Lammers, 2011). In der Thematisierung beider Perspektiven ist es zentral, deren Eigenheiten und spezifischen Beiträgen gerecht zu werden. Dem Ansinnen verschiedener Interessensgruppen, kreatio-nistische Auffassungen im Biologieunterricht als gleichwertig zu vermitteln, sollte deshalb kritisch begegnet werden. Da solche Forderungen in verschiedenen Ländern – auch in der Schweiz – immer wieder erhoben werden (Wilhelm, 2007), sah sich der Europarat im Jahr 2007 dazu veranlasst, eine Resolution zu verabschieden. Die formulierten Grundsätze fassen die bisherigen Gedankengänge gut zusammen:

It is necessary to separate belief from science. It is not a matter of antagonism. Science and belief must be able to coexist. It is not a matter of opposing belief and science, but it is necessary to prevent belief from opposing science. [...] There is a real risk of serious confusion being introduced into our children's minds between what has to do with convictions, beliefs, ideals of all sorts and what has to do with science. An 'all things are equal' attitude may seem appealing and tolerant, but is in fact dangerous. (Council of Europe, 2007)

In diesem Sinne scheint es zielführend und sinnvoll, als Lehrperson eine Kontrast- oder Ergänzungsperspektive einzunehmen, wie dies der Lehrplan 21 impliziert. Dabei soll der Fokus besonders auf die Grundlagen der Naturwissenschaften, ihre Geschichte, ihre Methoden und ihre Epistemologie – man könnte auch von *nature of science* sprechen – gelegt werden (Council of Europe, 2007).

4.5 Thematisierung des Verhältnisses von Religion und Naturwissenschaft im Unterricht

Nach Billingsley, Taber, Riga und Newdick (2013) ist es – insbesondere für Schüler*innen – anspruchsvoll, eine Kontrast- oder Unabhängigkeitsperspektive einzu-

nehmen, da es dafür ein hohes Mass an ‘epistemischer Einsicht’ braucht. Es überrascht deshalb nicht, dass die Konfliktperspektive sehr verbreitet ist. In einer Studie, in welcher 22 englische Sekundarschüler*innen interviewt wurden, war die Hälfte der Proband*innen der Meinung, dass sich Aussagen von Religion und Naturwissenschaft zur Entstehung des Universums widersprechen (Billingsley et al., 2013). Zu einem ähnlichen Ergebnis kam Aflalo (2018) in einer Untersuchung mit israelischen Lehrpersonen in Ausbildung. In einer amerikanischen Studie mit Studierenden verschiedener Biologiekurse vertrat ebenfalls die Mehrheit die Ansicht, Evolution/Naturwissenschaft und Religion seien nicht kompatibel (Borgerding, Deniz & Anderson, 2017). Personen, welche sich besonders sicher sind, dass Gott existiert oder eben nicht existiert, nahmen in einer deutschen Untersuchung diesen Konflikt als besonders stark wahr (Beniermann, 2019). Auch Kattmann (2017b) nennt als gängige Alltagsvorstellung von Lernenden, dass diese Schöpfung und Evolution als rivalisierende, sich widersprechende Sachverhalte beurteilen. Nach Barnes und Brownell (2017) wird der Konflikt zwischen Evolution und Religion durch die Differenzen in religiösen Überzeugungen von Wissenschaftler*innen und Öffentlichkeit verschärft. Die Autorinnen sprechen gar von religiösen und säkularen Kulturen, welche eine gegenseitige Verständigung erschweren. Um die Kluft zwischen diesen zwei Kulturen zu überbrücken, entwickelten sie ein Rahmenmodell für religiös-kulturell kompetenten Evolutionsunterricht (*Religious Cultural Competence in Evolution Education – ReCCEE*), welches Methoden zur Förderung der Akzeptanz und Reduzierung des wahrgenommenen Konfliktes von Evolution und Religion beinhaltet. Dabei werden sechs evidenzbasierte Unterrichtspraktiken genannt, welche Dozierende an Universitäten einsetzen können:

- *Den wahrgenommenen Konflikt zwischen religiösen Vorstellungen und Evolution anerkennen:*

Wenn Dozierende anerkennen, dass manche Studierende einen Konflikt erfahren, fühlen sich diese respektiert und können eher eine positive Einstellung gegenüber der Evolution entwickeln.

- *Die persönlichen Ansichten der Studierenden zu Religion und Evolution erkunden:*

Lernende sollen die Gelegenheit erhalten, ihre eigenen Vorstellungen zu Religion und Evolution zu diskutieren und (kritisch) zu reflektieren. Ko-konstruktive Gesprächsformen können die Studierenden dabei unterstützen, über ihre eigenen Überzeugungen nachzudenken, um einen Weg zu finden, diese mit naturwissenschaftlichen Konzepten zu versöhnen. Der Einbezug der Vorstellungen der beteiligten Personen erhöht die Chance, dass sich die Einstellungen zur Evolution zum Positiven verändern.

- *Den Studierenden die Grenzen der Naturwissenschaft sowie unterschiedliche Arten des Wissens erläutern:*

Wenn Dozierende Aspekte von *nature of science* in ihre Veranstaltungen integrieren, hat dies positive Auswirkungen auf die Akzeptanz von (religiösen) Student*innen.

- *Ein Spektrum von Positionen zu Evolution und Religion präsentieren:*

Der wahrgenommene Konflikt zwischen Evolution und Religion kann reduziert werden, wenn Studierende erkennen, dass ein Spektrum von Sichtweisen auf das Verhältnis von Evolution und Religion existiert. Oft sind Positionen zwischen atheistischer Evolution und Kreationismus unbekannt.

- *Den Studierenden religiöse Rollenmodelle zeigen, welche die Evolution akzeptieren:*

Der Konflikt zwischen Evolution und Religion kann ab- und die Akzeptanz der Evolution zunehmen, wenn Studierende mit religiösen Rollenmodellen in Kontakt treten, welche die Evolution akzeptieren.

- *Die mögliche Kompatibilität von Evolution und Religion hervorheben:*

Wenn Dozierende an konkreten Beispielen aufzeigen, dass Religion und Evolution kompatibel sind, kann der wahrgenommene Konflikt reduziert werden.

Religiös-kulturell kompetenter Unterricht führt dazu, dass religiöse Studierende sich besser integriert und akzeptiert fühlen im Evolutionsunterricht und kann außerdem negative stereotype Vorstellungen von nicht religiösen Student*innen gegenüber religiösen Personen vermindern (Barnes & Brownell, 2017).

Inwiefern eine Thematisierung von religiösen Vorstellungen im Unterricht der Volksschule – wie sie die beschriebenen Praktiken implizieren – zur Reduzierung

eines Konfliktes zwischen Religion und Evolution beitragen sowie die Akzeptanz der Evolution erhöhen, muss noch weiter untersucht werden. Eine von Yasri und Mancy (2016) durchgeführte qualitative Studie stimmt optimistisch. An einer thailändischen Schule wurde eine Unterrichtseinheit durchgeführt, in welcher das Verhältnis und somit der Unterschied von Religion und Naturwissenschaft explizit thematisiert wurde. Viele Schüler*innen veränderten ihre Sichtweise und näherten sich naturwissenschaftlichen Positionen an, was auch auf ein differenzierteres Verständnis des Verhältnisses von Religion und Naturwissenschaft zurückzuführen war. In einer Studie von Barnes, Elser und Brownell (2017) an einer amerikanischen Universität nahm die Hälfte der insgesamt 95 Studierenden einen Konflikt zwischen Religion und Evolution wahr. Nach einem zweiwöchigen Kurs, welcher Diskussionen zur Kompatibilität von Religion und Naturwissenschaft einschloss, reduzierte sich diese Zahl auf 26 Prozent. Im Kurs fanden unter anderem Diskussionen mit einem gläubigen Biologen statt, der die Evolutionstheorie auch in der Öffentlichkeit verteidigt. Zudem wurden die Unterschiede zwischen Religion und Naturwissenschaft thematisiert. Die veränderte Wahrnehmung fand sich sowohl bei religiösen als auch nicht religiösen Studierenden. Nur fünf Prozent der teilnehmenden Personen empfanden die Gespräche über Religion als unangenehm, während auch ein Grossteil der nicht religiösen Studierenden diese schätzte. 15 der 25 religiösen Studierenden zeigten sich erleichtert darüber, dass Religion und Evolution miteinander vereinbar sind. Eine Thematisierung der Vereinbarkeit von Religion und Evolution hilft so – gemäss den Autorinnen – nicht nur religiösen Personen, sondern kann auch den negativen Stereotypen von nicht religiösen Studierenden gegenüber religiösen Individuen in der Biologie entgegenwirken. Da viele Dozierende in ihrem Evolutionsunterricht nicht bereit sind, viel Zeit für die Thematisierung von religiösen Überzeugungen und deren Verhältnis zu Evolution aufzuwenden, wurde eine weitere Studie durchgeführt, in welcher lediglich ein sechsminütiger Film zur Thematik am Anfang einer Unterrichtseinheit gezeigt wurde. Bei acht der zehn interviewten Studierenden hatte sich der wahrgenommene Konflikt zwischen Evolution und Religion nach dem Biologieeinführungskurs reduziert. Die Untersuchung gibt Hinweise darauf, dass eine Reduzierung dieses Konfliktes schrittweise passiert und Zeit braucht (Truong, Barnes & Brownell, 2018). In einer Studie von Lindsay et al. (2019) an verschiedenen amerikanischen Universitäten in Biologieeinführungskursen wurde ein «Versöhnungsansatz» (*reconciliation approach*) eingesetzt, um die

Akzeptanz der Studierenden zu erhöhen. Diesen wurde in kurzen Veranstaltungen aufgezeigt, wie Evolution und Glaube in Einklang gebracht werden können. Die Akzeptanz der Proband*innen nahm signifikant zu, ohne dass sich deren Religiosität veränderte. Eine weitere Studie, welche denselben Ansatz verfolgte und ebenfalls an amerikanischen Studierenden durchgeführt wurde, bestätigte diese Ergebnisse. Martin-Hansen (2008) erläutert aufgrund der Ergebnisse ihrer Studie, in welcher *nature of science* im Kontext der Evolution an einer amerikanischen Universität unterrichtet wurde, dass einige Studierende ursprünglich einen Konflikt zwischen religiöser und (natur-)wissenschaftlicher Weltsicht wahrnahmen, dieser jedoch am Ende reduziert und die unterschiedlichen Perspektiven versöhnt werden konnten: «By involving students in explicit nature of science activities which illustrate the boundaries of science, they can begin to see that an acceptance of a scientific theory does not eliminate the existence of a supernatural entity» (Martin-Hansen, 2008, S. 318).

Der Einbezug von religiösen Fragen in den Naturwissenschaftsunterricht kann – neben der veränderten Wahrnehmung des Verhältnisses von Religion und Naturwissenschaft – nach Reiss (2009) ein adäquates Verständnis von *nature of science* unterstützen:

Effective teaching in this area can not only help students learn about the theory of evolution but better appreciate the way science is done, the procedures by which scientific knowledge accumulates, the limitations of science and the ways in which scientific knowledge differs from other forms of knowledge.»
(S. 1940)

Betont wird hierbei, dass wissenschaftliche Erkenntnis nicht als statisch und unveränderbar, sondern dynamisch, interpretierbar und vorläufig präsentiert werden soll (Cavallo & McCall, 2008; Farber, 2003; Peer, 2005). So kritisiert Williams (2015): «What we present to our students is perhaps too well defined, neat and tidy leading to a view of science and the nature of science as being settled, agreed and not open to discussion and controversy; far from it» (S. 330). Sinatra et al. (2003) befürworten es, auch die (religiösen) Vorstellungen der Schüler*innen in den Unterricht miteinzubeziehen und wertzuschätzen: «The goal of such instruction is to help students understand how science does not provide the only answers important in their lives» (S. 542). Zahlreiche weitere Autor*innen sprechen sich dafür aus,

nature of science und somit auch das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im Evolutionsunterricht zu thematisieren (Akyol et al., 2012; Barnes & Brownell, 2016; Barnes, Elser et al., 2017; Donnelly et al., 2009; Farber, 2003; Hammann & Asshoff, 2011; Johnson & Peeples, 1987; Mead et al., 2018; Ohly, 2012; Schwarmann, Smith, James & Jensen, 2005; Sinatra et al., 2003; Winslow et al., 2011; Yasri & Mancy, 2014, 2016). Nach Kattmann (2015) sollte der Unterricht fächerübergreifend oder fächerverbindend gestaltet werden und «die unterschiedlichen Perspektiven von Biologie und Religion in ihrer Bedeutung vermitteln» (S. 18). Neben einer Förderung des Verständnisses von *nature of science* begründen Dunk et al. (2019) und Pobiner (2016) die Thematisierung von religiösen Vorstellungen auch mit dem konstruktivistischen Lernverständnis, welches die Bedeutung des Vorwissens und der Alltagsvorstellungen betont. Der Einbezug von solchen Schüler*innenvorstellungen kann einen Konzeptwechsel befördern (Pobiner, 2016). Die Konsequenzen aus diesen Überlegungen fassen Dunk et al. (2019) 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 of these factors» (S. 328).

Die Thematisierung von *nature of science* und dazugehörig das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft erweist sich als zentraler Faktor in der Förderung der Akzeptanz der Evolution. Anstatt vorhandene Gräben zwischen religiösen und naturwissenschaftlichen Ansichten weiter zu vertiefen, scheint es zielführender, die beiden Bereiche im Unterricht als kompatibel darzustellen. Ein solches Wissen zur Unterschiedlichkeit von Religion und Naturwissenschaft unterstützt religiöse Personen in ihrer Akzeptanz, hilft aber auch nicht religiösen Personen in ihrem Verständnis von *nature of science*. Dennoch dürfen keine schnellen Ergebnisse von einem solchen Unterricht erwartet werden. In einer Studie von Winslow et al. (2011) beschreiben religiös sozialisierte Studierende die Akzeptanz der Evolution als Reise, welche einige Jahre dauerte. Ashley, eine Teilnehmerin der Studie beschrieb den Moment, als sie das erste Mal hörte, dass Christ*innen die Evolution akzeptieren können, folgendermassen:

Now do you see what I mean about being blindsided or bombarded with things that for 18 or 19 years you've held true? I mean, to me, it's almost like for 23

years believing that my mom and my dad are my parents and then one day, them saying, “No, you’re adopted.” That’s kinda like what it was to me. Just this truth for so long and then you’re just like, “What?!” That’s how out of the blue it was to me. (Winslow et al., 2011, S. 1041)

Umso wichtiger scheint es, dass *nature of science* im gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht von Beginn an eine zentrale Rolle spielt. So besteht die Möglichkeit, der wahrgenommenen Gegensätzlichkeit früh entgegenzuwirken und die Bedeutsamkeit beider Perspektiven in ihrem Geltungsbereich anzuerkennen.

4.6 Fazit

Eine der bekanntesten Typologien zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft geht auf den Wissenschaftsphilosophen Ian Barbour (1990) zurück. Yasri (2014) adaptierte diese Kategorisierung und nannte die verschiedenen Varianten Konflikt, Kontrast, Ergänzung und Verschmelzung. Yasri und Mancy (2016) entwickelten zudem ein Spektrum von Positionen, welche die Beziehung von Evolution und Schöpfung aufzeigen. Eine Schwierigkeit liegt jedoch darin, dass diese Positionen nicht klar voneinander abzugrenzen sind und sehr unterschiedlich ausgestaltet sein können. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Personen widersprüchliche und inkonsistente Positionen vertreten (Elsdon-Baker, 2015).

Eine differenzierte Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft kann als Aspekt von *nature of science* betrachtet werden. Werden die zwei Bereiche als vereinbar wahrgenommen – dies entspräche der Kontrast- oder Ergänzungsperspektive – kann dies die Akzeptanz sowie das Lernen der Evolution unterstützen. Untersuchungen deuten darauf hin, dass eine Thematisierung des Verhältnisses von Religion und Naturwissenschaft im Unterricht positive Auswirkungen auf die Akzeptanz ausübt (Barnes & Brownell, 2016; Yasri & Mancy, 2016). Welche Aspekte von *nature of science* für die Akzeptanz der Evolution zentral sind, muss jedoch noch vertieft untersucht werden (Pobiner, 2016).

Wenn Lehrpersonen eine Kontrast- oder Ergänzungsperspektive einnehmen, welche ein differenziertes Verständnis von *nature of science* widerspiegelt, scheint dies religiösen Lernenden die Akzeptanz und das Lernen in der Evolution zu vereinfachen und stereotypen Vorstellungen von säkularen Schüler*innen entgegenzuwirken.

Wird die Bedeutung von Vorwissen und Schüler*innenvorstellungen ernst genommen, muss im Evolutionsunterricht das Verhältnis zu religiösen Vorstellungen thematisiert werden. Der Einbezug solcher Fragestellungen kann genutzt werden, um das Verständnis von *nature of science* aller Schüler*innen zu fördern (Reiss, 2009). Das Thema Evolution wird bislang zu einem späten Zeitpunkt, meist am Ende der Sekundarschule 1, behandelt. Pobiner (2016) spricht sich dafür aus, die Evolution früher in das Curriculum zu integrieren. Durch eine Beschäftigung mit Evolution bereits in der Primarschule können – aufgrund der Bedeutung des Themas für das Fach – biologische Zusammenhänge besser verstanden werden. Zusätzlich könnte die frühe Auseinandersetzung mit verschiedenen Perspektiven auf die Welt die Kontroversität des Themas entschärfen.

5 Synthese: Der Beitrag philosophischer Gespräche im naturwissenschaftlichen (Evolutions-)Unterricht

Das Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen stellt eine weltweit verbreitete und etablierte Unterrichtsmethode dar. Als Alltagsphilosophie oder informelle Philosophie ist sie Kindern, Jugendlichen sowie allen philosophischen Laien zugänglich (Brüning, 2003; Martens, 2010). Von regelmässigen philosophischen Gesprächen profitieren Teilnehmende mannigfaltig, wie dies zahlreiche Untersuchungen belegen (vgl. Kapitel 1.6).

Philosophische Gespräche können sich in der Schule aus den Unterrichtsinhalten aller Fächer ergeben und in diesen nutzbringend eingesetzt werden (Helbling, 2018). Zu diesem Philosophieren in den Fächern existieren bislang nur wenige Studien. Es wird angenommen, dass solche Gespräche das Lernen vertiefen und sinnvoller und motivierter erscheinen lassen (Knight & Collins, 2010; Suissa, 2009). Daneben kann das Philosophieren in den Fächern zur Integration und Reflexion verschiedener Perspektiven, zum Erwerb von überfachlichen Kompetenzen und zur Interessengenesse beitragen sowie Bildungsprozesse initiieren (vgl. Kapitel 1.7).

In den Naturwissenschaften kann das Philosophieren zahlreiche Fähigkeiten – wie beispielsweise die Neugierde sowie das kritische, kreative und logische Denken – fördern, welche für den Unterricht zentral sind. Die Lehrperson wiederum übt in den philosophischen Gesprächen eine Offenheit und Flexibilität, welche der gesamten Unterrichtsgestaltung förderlich ist.

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den Chancen des Philosophierens im naturwissenschaftlichen (Evolutions-)Unterricht und fokussiert dabei dessen Beitrag zum Verständnis von *nature of science* sowie zur Förderung der ethischen Urteilskompetenz. Anschliessend werden die möglichen positiven Effekte philosophischer Gespräche auf die Entwicklung der Akzeptanz und des Verständnisses im Bereich der Evolution erläutert.

5.1 Die Förderung der (ethischen) Urteilskompetenz

In einer globalisierten, digitalisierten und zunehmend von Wohlstand geprägten Welt sehen sich Individuen mit einer Fülle an Informationen und Möglichkeiten konfrontiert. Die Masse an Daten, Meinungen und Optionen zwingt dazu, diese zu

beurteilen, um Entscheidungen treffen und handlungsfähig bleiben zu können. Die (ethische) Urteilskompetenz erweist sich deshalb als eine der zentralen Fähigkeiten für ein selbstbestimmtes Leben.

Aufgrund dieser Bedeutung der Urteilskompetenz entstanden zahlreiche Modelle und Methoden mit dem Ziel, diese im Unterricht zu fördern. Einige der Kompetenzmodelle – wie beispielsweise das Göttinger oder Oldenburger Modell – sind differenziert ausgestaltet, was deren Implementierung im Unterricht erschweren kann. Die bekannte Methode der Dilemma-Diskussion kann von Lehrpersonen hingegen vergleichsweise unkompliziert eingesetzt werden. Ein Nachteil besteht jedoch im konfrontativen Ansatz der Diskussion, welche der Qualität der Argumentation nicht förderlich ist (vgl. Felton et al., 2015). Ein weiterer Kritikpunkt an vielen eingesetzten Methoden ist deren einseitige Betrachtung der Urteilsbildung als rationalen Prozess (Dittmer & Gebhard, 2012). Die sozio-intuitionistische Perspektive, welche im Kapitel 1.7.1.1 ausgeführt wurde, betont die Bedeutung von intuitiven Verarbeitungs- und Urteilsprozessen, welche erst im Nachhinein rational legitimiert werden.

Das Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen kann die bisher gängigen Methoden im naturwissenschaftlichen Unterricht zur Förderung der ethischen Urteilskompetenz ergänzen. Die Stärke philosophischer Gespräche liegt darin, dass diese die Vorstellungen und Gedanken der Schüler*innen zum Ausgangspunkt des ko-konstruktiven Gespräches machen. Die Urteilsbildung wird somit nicht ausschliesslich auf ein rationales Abwägen von Argumenten beschränkt, vielmehr werden die Ideen, Erfahrungen und Sichtweisen der Lernenden reflektiert. Zugleich können philosophische Gespräche – sind sie einmal in der Klasse etabliert – mühelos und spontan in den Unterricht integriert werden und dies unabhängig vom Alter der Schüler*innen. Ein dritter Vorteil ergibt sich aus der Eigenart philosophischer Gespräche. Es handelt sich dabei nicht um ein argumentatives Streitgespräch, sondern eine gemeinsame Konstruktion und Reflexion von Erkenntnis, was sich als fruchtbar für die inhaltliche Tiefe erweist.

Neben der ethischen Urteilskompetenz, deren Förderung in einer Studie von Di Masi und Santi (2015) belegt wurde, werden in philosophischen Gesprächen Fähig-

keiten wie das genaue Wahrnehmen, der Perspektivenwechsel und das Argumentieren eingeübt. Diese Fähigkeiten sind auch für eine Urteilskompetenz ohne philosophischen Bezug relevant.

5.2 Die Förderung von *nature of science*

Die Ziele eines für Individuen und Gesellschaft bedeutsamen Naturwissenschaftsunterrichtes können nicht rein fachlicher Natur sein. Um komplexe Fragen des persönlichen und gesellschaftlichen Lebens beurteilen zu können, ist neben ethischer Urteilskompetenz insbesondere ein differenziertes Verständnis von Aspekten von *nature of science* zentral. Um ein solches zu erlangen, müssen entsprechende Fragestellungen und Themen explizit im Unterricht behandelt werden (Hofheinz, 2010). In der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik existieren dazu bereits verschiedene vielversprechende Methoden wie das forschend-entdeckende Lernen, historische oder zeitgenössische Fallbeispiele oder Black-Box-Experimente (vgl. Kapitel 2.1.5).

Der Unterrichtsansatz des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen kann eine sinnvolle Ergänzung zu bereits etablierten Methoden darstellen. Er stellt eine geeignete Möglichkeit dar, Aspekte von *nature of science* im gemeinsamen Austausch zu reflektieren. Die Naturwissenschaft und die Philosophie weisen bereits inhaltlich Überschneidungen auf, da Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie Teilbereiche der Philosophie darstellen (Michalik, 2009). Der Beitrag, den die Philosophie zum Verständnis von *nature of science* leisten kann, zeigt sich in der Konsensliste von McComas und Olson (1998), in welcher diese als wichtigste Bezugsdisziplin in Erscheinung tritt. Die Philosophie als Reflexionswissenschaft befähigt dazu, über die Möglichkeiten und Grenzen der Naturwissenschaften nachzudenken (Michalik, 2009). Für Gebhard (2005) und Dittmer (2015) sind philosophisch-ethische Reflexionen gar eine Bedingung für eine naturwissenschaftliche (Grund-)Bildung.

Auch in philosophischen Gesprächen zu Aspekten von *nature of science* entfalten die Stärken dieser Gesprächsform ihre Wirkung. Die Thematik bleibt für die Schüler*innen anschlussfähig, da ihre Vorstellungen und Präkonzepte miteinbezogen werden. Spontane, nicht intendierte Ereignisse können von Lehrpersonen, welche diese Methode kennen, niederschwellig in Bezug auf Aspekte von *nature of science*

reflektiert werden. Nicht zuletzt dürfte auch die neugierige Haltung, die Offenheit gegenüber ungeklärten Fragen sowie die gemeinsame Suche nach Lösungen, welche durch das Philosophieren gefördert werden, den Naturwissenschaftsunterricht insgesamt bereichern. Eine Kritik des naturwissenschaftlichen Unterrichts besteht darin, dass dieser fast ausschliesslich eindeutige, unveränderliche und sichere Fakten präsentiert (Driver et al., 2000). Das regelmässige Philosophieren führt zu einer veränderten Einstellung zur Welt, da Historizität, Veränderbarkeit und Unsicherheit erfahrbar werden. Diese neue Sichtweise könnte sich für den Forschungsprozess und das Verständnis von *nature of science* als wichtig erweisen.

5.3 Die Förderung der Akzeptanz und des Verständnisses der Evolution

Die Förderung eines adäquaten Verständnisses sowie der Akzeptanz im Themengebiet der Evolution im Schulunterricht präsentiert sich als anspruchsvolle Aufgabe, welche von verschiedenen interagierenden Faktoren beeinflusst wird. Als zentrale Einflussgrösse – insbesondere für die Akzeptanz – erweist sich ein differenziertes Verständnis von *nature of science*. Ein angemessenes Verständnis von *nature of science* und nuancierte epistemologische Überzeugungen erhöhen die Akzeptanz der Evolution und verringern wahrgenommene Konflikte mit religiösen Vorstellungen (vgl. Kapitel 3.3 und 4). Eine Thematisierung des Verhältnisses von Naturwissenschaft und religiösen Traditionen oder Überzeugungen wird auch im Lehrplan 21 im Fachbereich Ethik, Religionen, Gemeinschaft gefordert (D-EDK, 2016). Das von Barnes und Brownell (2017) entwickelte Rahmenmodell für religiös-kulturell kompetenten Evolutionsunterricht schlägt im Sinne der Förderung der Akzeptanz und der Reduzierung des wahrgenommenen Konfliktes ebenfalls die Berücksichtigung dieser Thematik vor. Wie bereits im Kapitel 5.2 erläutert, bietet das Philosophieren eine gute Möglichkeit, erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Fragen im Unterricht zu behandeln. Unterschiedliche Arten von Wissen, die Grenzen und Chancen von Naturwissenschaften und Religion sowie ihr Verhältnis zueinander sind Aspekte, mit welchen sich die Philosophie beschäftigt. Es existieren vier verschiedene Optionen, Religion und Naturwissenschaft in Beziehung zu setzen. Nur drei dieser Varianten – Kontrast, Ergänzung und Vereinigung – können

das Lernen und die Akzeptanz der Schüler*innen unterstützen. Der Fokus des Unterrichts und der philosophischen Gespräche sollte deshalb darauf liegen, Religion und Naturwissenschaft als kompatibel statt unvereinbar darzustellen. Eine ernsthafte Auseinandersetzung mit der Evolution findet nur statt, «wenn die Schüler einen Weg finden, bei dem sie ihren persönlichen Glauben mit dem Thema in Einklang bringen beziehungsweise bei dem sie trotz der Unterrichtsinhalte an ihrem Glauben festhalten können» (Waschke & Lammers, 2012, S. 525). So können philosophische Gespräche zu Fragen von *nature of science* das fachliche Verständnis der Lernenden (Grygier, 2008; Kircher & Dittmer, 2004) und die Akzeptanz der Evolution erhöhen.

Da im Bereich der Evolution zahlreiche intuitive Vorstellungen auf Seiten der Schüler*innen zu erwarten sind, eröffnet das Philosophieren die Chance, diese auf unaufgeregte Art in den Unterricht zu integrieren. Eine solche Berücksichtigung der Vorstellungen und Alltagsphantasien der Lernenden kann die subjektive Bedeutsamkeit der Inhalte sowie die Motivation und das Verständnis der Schüler*innen erhöhen (vgl. Kapitel 1.7.1.1). Das Nachdenken über eigene Überzeugungen im Kontext der Evolution ist ebenfalls Bestandteil des bereits erwähnten Rahmenmodells von Barnes und Brownell (2017). Durch die Wertschätzung der subjektiven Vorstellungen können Barrieren zwischen religiösen Überzeugungen und naturwissenschaftlichen Erkenntnissen abgebaut werden. Nicht zuletzt könnte die ko-konstruktive Gesprächsform eine positive Wirkung auf die Motivation entfalten.

Untersuchungen weisen darauf hin, dass das logische und offene Denken sowie die Argumentationsfähigkeit sowohl für das Verständnis als auch die Akzeptanz von Bedeutung sind. Ebendiese Fähigkeiten können in philosophischen Gesprächen eingeübt und gefördert werden (Helzel & Michalik, 2015; Michalik, 2015a; Säre et al., 2016; Topping & Trickey, 2014; Trickey & Topping, 2004). Dies unterstreicht die Relevanz, welche das Philosophieren im naturwissenschaftlichen Unterricht insgesamt haben könnte.

Philosophische Gespräche bieten demnach drei spezifische Chancen im Evolutionsunterricht: Sie fördern verschiedene kognitive Fähigkeiten – beispielsweise die Argumentationsfähigkeit sowie das offene Denken – welche im Zusammenhang

mit Akzeptanz und Verständnis der Evolution stehen. Des Weiteren sind Teilgebiete von *nature of science* genuin philosophisch und bieten sich deshalb als Grundlage für philosophische Gespräche an. Das Verständnis von *nature of science* kann dabei insbesondere durch philosophische Gespräche zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft gefördert werden. Natürlich ist das Thema Evolution für viele weitere philosophische Fragen – beispielsweise zur Stellung des Menschen oder zum Verhältnis von Tier und Mensch – anschlussfähig. Nicht zuletzt bietet das Philosophieren durch seine Anknüpfung an den Erfahrungsraum der Lernenden die Möglichkeit, subjektiven Vorstellungen zu Evolution im Unterricht Raum zu geben.

6 Fragestellung und Design der Studie

Die Analyse der Literatur zum Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen zeigt, dass dieser Unterrichtsansatz vielversprechende Möglichkeiten im Fachunterricht bietet. Die im Theorieteil ausgeführten Chancen des Philosophierens in den Fächern wurden bisher jedoch kaum in Studien untersucht. Im naturwissenschaftlichen Unterricht können philosophische Gespräche zur Förderung des Verständnisses von *nature of science* und zur Integration intuitiver Schüler*innenvorstellungen beitragen. Zahlreiche Studien belegen, dass adäquaten Vorstellungen von *nature of science* in der Thematik der Evolution eine grosse Bedeutung zukommt. Das Thema Evolution wurde auf der Sekundarschule in der Schweiz bislang vernachlässigt und wird erst mit Einführung des Lehrplan 21 ein verbindlicher Bestandteil der Volksschulbildung. In internationalen Studien hat sich gezeigt, dass die Förderung der Akzeptanz sowie eines adäquaten Verständnisses der Evolution eine grosse Herausforderung darstellt. Das Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen erweist sich in dieser Problematik als ein möglicher Lösungsansatz. Das vorliegende Forschungsvorhaben möchte diese Forschungslücken schliessen und das Potenzial philosophischer Gespräche im naturwissenschaftlichen Unterricht am Beispiel der Evolution untersuchen. Dazu werden zunächst die Forschungsfragen und die aus der Literatur abgeleiteten Hypothesen formuliert und danach das Design der Interventionsstudie vorgestellt.

6.1 Forschungsfragen und Hypothesen

In welchem Zusammenhang stehen Religiosität, epistemologische Überzeugungen, das Verständnis der Evolution sowie die Akzeptanz der Evolution?

- Die Religiosität hat einen negativen Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution.
- Die Religiosität hat einen negativen Einfluss auf das Verständnis der Evolution
- Differenzierte epistemologische Überzeugungen wirken sich positiv auf die Akzeptanz der Evolution aus.
- Differenzierte epistemologische Überzeugungen wirken sich positiv auf das Verständnis der Evolution aus.
- Das Verständnis der Evolution steht im Zusammenhang mit der Akzeptanz der Evolution.
- Differenzierte epistemologische Überzeugungen moderieren den Einfluss der Religiosität auf die Akzeptanz.

In welchem Zusammenhang steht die Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft mit der Religiosität, den epistemologischen Überzeugungen sowie der Akzeptanz der Evolution?

- Personen, welche keinen Konflikt zwischen Religion und Naturwissenschaft wahrnehmen, weisen differenziertere epistemologische Überzeugungen auf.
- Die Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft beeinflusst die Akzeptanz der Evolution.

Führt eine Veränderung der epistemologischen Überzeugungen während der Unterrichtseinheit zu einer Veränderung der Akzeptanz und des Verständnisses der Evolution?

- Eine positive Veränderung der epistemologischen Überzeugungen führt zu einer höheren Akzeptanz der Evolution.
- Eine positive Veränderung der epistemologischen Überzeugungen führt zu einem besseren Verständnis der Evolution.

Führen philosophische Gespräche zu Fragen von *nature of science* in einer Unterrichtseinheit zur Evolution zu differenzierteren epistemologischen Überzeugungen, einem besseren Verständnis und einer erhöhten Akzeptanz der Evolution?

- Die Philosophiegruppe weist eine stärkere positive Veränderung der epistemologischen Überzeugungen auf als die Biologiegruppe.
- Die Philosophiegruppe weist eine stärkere Zunahme der Akzeptanz der Evolution auf als die Biologiegruppe.
- Die Philosophiegruppe weist eine stärkere Zunahme des Verständnisses der Evolution auf als die Biologiegruppe.
- Die Qualität der philosophischen Gespräche beeinflusst die Wirkung derselben.

6.2 Design der Interventionsstudie

Bei der vorliegenden Untersuchung handelte es sich um ein quasi-experimentelles Prätest-Posttest-Kontrollgruppendesign. An 21 Klassen der Sekundarschule 1 wurde eine Unterrichtseinheit zur Evolution von etwa zehn Lektionen durchgeführt. Zu drei Zeitpunkten während dieser Unterrichtseinheit wurden die Klassen für ungefähr 25 Minuten aufgeteilt; die eine Hälfte führte philosophische Gespräche, die andere vertiefte die fachlichen Inhalte mithilfe weiterer Aufgaben. Fünf weitere Klassen waren Teil einer sogenannten Wartekontrollgruppe, welche Unterricht zu einem anderen Thema erhielt und lediglich die Fragebogen und Tests ausfüllte. Die Lehrpersonen dieser Klassen hatten die Möglichkeit, die Unterrichtseinheit zur Evolution im Anschluss ebenfalls durchzuführen. Die Abbildung 6 gibt eine Übersicht über das Design der Studie. Die Konzeption der Unterrichtseinheit sowie der philosophischen Gespräche wird im Kapitel 7 ausgeführt.

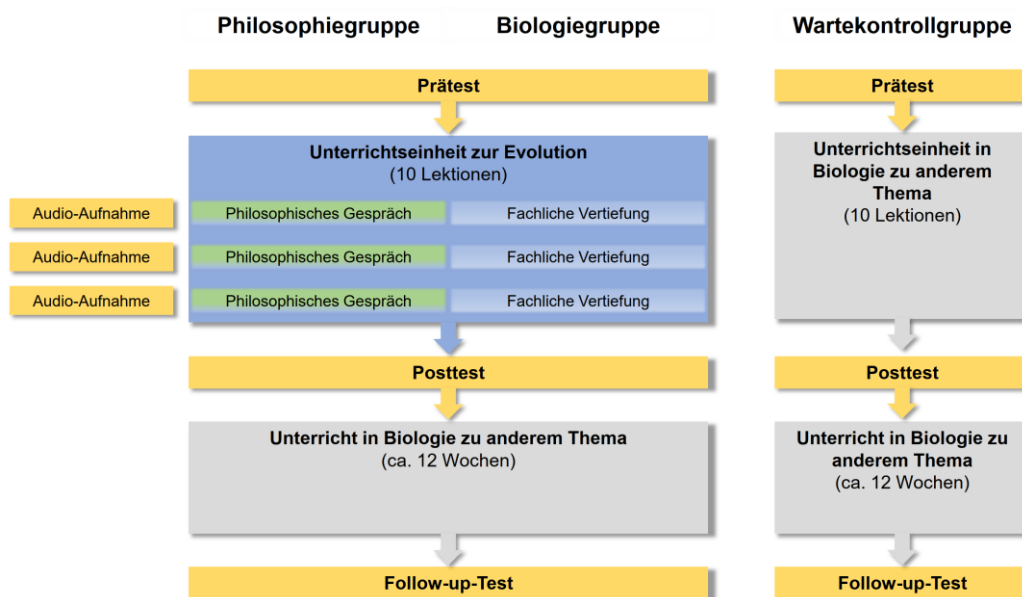


Abbildung 6: Design der Studie.

Die Lehrpersonen der Interventionsgruppen wurden an einer Weiterbildung an das Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen herangeführt. Der Grossteil der Lehrer*innen nahm an einer Weiterbildung zum Lehrplan 21 im Fach Ethik, Religionen, Gemeinschaft teil, welche von der Pädagogischen Hochschule Luzern durchgeführt wurde. Einige Lehrpersonen wurden von der Autorin individuell auf die philosophischen Gespräche vorbereitet. Zur Untersuchung der Fragestellungen

wurden Fragebogen, Tests sowie ein Ratinginstrument zur Beurteilung der Audio-Aufnahmen der philosophischen Gespräche eingesetzt.

7 Konzeption der Unterrichtseinheit zur Evolution

7.1 Konzeption der fachlichen Inhalte

Die Unterrichtseinheit, welche in dieser Untersuchung eingesetzt wurde, basiert auf dem Lehrmittel *Evolution verstehen* von Markus Wilhelm (2009). Neuere Lehrmittel, welche sich explizit auf den Lehrplan 21 beziehen, standen zum Zeitpunkt der Studiendurchführung nicht zur Verfügung. Das gewählte Lehrmittel fokussiert nicht das Auswendiglernen von Fakten, sondern möchte, «dass Schülerinnen und Schüler die Evolution als einen seit Jahrmillionen anhaltenden Prozess erfahren und verstehen können» (Wilhelm, 2009, S. 3). Dies wird unter anderem durch Aufgaben mit spielerischem Charakter und deren gezielte Reflexion ermöglicht. Schüler*innen besitzen mannigfaltige Alltags- oder Fehlvorstellungen in der Thematik der Evolution (vgl. Kapitel 3.4.1). Ein zentrales Element der Einheit bildet deshalb die intensive Auseinandersetzung mit diesen Konzepten (Wilhelm, 2009).

Für die vorliegende Studie wurden die Materialien des Lehrmittels adaptiert und ergänzt. Dabei wurden die teilweise anspruchsvollen Texte gekürzt und vereinfacht und deren Bearbeitung durch gezielte Aufgabenstellungen, welche zusätzlich der Ergebnissicherung dienen, unterstützt. An den Anfang und das Ende der Einheit wurde eine Konfrontations- respektive eine Syntheseaufgabe nach dem Luzerner Modell zur Entwicklung Kompetenzfördernder Aufgabensets (LUKAS) gestellt (Luthiger, Wilhelm & Wespi, 2014). Konfrontations- und Syntheseaufgaben zeichnen sich durch eine authentische Problemstellung und das implizite Anknüpfen an Präkonzepte aus. Zugleich integrieren diese einen grossen Teil der zu erlernenden Kompetenzen (Luthiger et al., 2014). Viele der vorgeschlagenen Simulationen und Spiele des Lehrmittels wurden lediglich leicht abgeändert. Ein Spiel, welches die Mechanismen des Selektionsprozesses darstellen soll, wurde aufgrund seiner hohen Komplexität durch eine eigene, leicht verständliche Variante ersetzt.

Das Thema Evolution wurde auf der Sekundarstufe bislang selten unterrichtet und wird in vielen Kantonen erst mit Einführung des Lehrplans 21 ein verbindlicher Unterrichtsinhalt (Wilhelm, 2007). Folglich musste bei der Konzeption der Unterrichtseinheit darauf geachtet werden, dass diese in einem akzeptablen Zeitfenster durchgeführt werden kann. Die gesamte Einheit umfasst zehn Lektionen und fokussiert somit lediglich die zentralen Konzepte der Evolution. Folgende Kompetenzen

aus dem Lehrplan 21 – ohne die gestrichenen Aspekte – werden dabei adressiert (D-EDK, 2016):

- NT.8.1a: Die Schülerinnen und Schüler können Ordnungssysteme der Lebewesen hinterfragen und als Modelle erkennen.
- NT.8.1b: Die Schülerinnen und Schüler können zentrale Prinzipien der Evolutionstheorie an Beispielen erkennen und Gesetzmässigkeiten nachvollziehen.
- NT 8.1c: Die Schülerinnen und Schüler können die Veränderlichkeit der Arten erfassen, auftretende Probleme benennen und begründete Vermutungen äussern.
- NT.8.3a: Die Schülerinnen und Schüler können den Zusammenhang von ~~DNS~~, Genen, ~~Proteinen~~ und Merkmalsausprägungen darstellen.
- NT.8.3b: Die Schülerinnen und Schüler können ~~Ursachen und~~ Wirkungen von Mutationen beschreiben und zur Erklärung von Merkmalsveränderungen herbeiziehen.

Die Tabelle 14 gibt eine Übersicht zu den Lektionen und deren Inhalte und Lernziele. Die konkreten Inhalte und Abläufe sind im Material zur Unterrichtseinheit aufgeführt, welches sich im Anhang 1 findet.

Tabelle 14: Übersicht zu Inhalten und Lernzielen der Lektionen

Lektion	Zentrale Inhalte und Themen	Lernziele
1	Konfrontationsaufgabe: Wie verändern sich Lebewesen? Repetition/Einführung Genetik	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler*innen können Vermutungen zur Veränderung von Lebewesen (Giraffe, Bakterien) formulieren und diese begründen. Die Schüler*innen kennen wichtige Grundlagen der Genetik und können zentrale Begriffe (DNS, Chromosom, Gen usw.) erklären.
2	Veränderung von Merkmalen: Mutation und Rekombination	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler*innen können in eigenen Worten erklären, was Mutationen sind und wie sie sich auf ein Lebewesen auswirken können. Die Schüler*innen können den Begriff Rekombination erklären und beschreiben, wie der Austausch von Genen bei Menschen, Bakterien und Viren funktioniert.
3	Überhandnehmen von Merkmalen: Selektion Spiel zu Evolutionsmechanismen	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler*innen können Grundprinzipien der Evolution (Mutation, Selektion, survival of the fittest) am Beispiel eines Simulationsspiels sowie an einem realen Beispiel erläutern.
4	Spiel zu Evolutionsmechanismen <i>Teilung der Klasse: Philosophisches Gespräch und fachliche Vertiefung</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler*innen können Grundprinzipien der Evolution (Mutation, Selektion, survival of the fittest) am Beispiel eines Simulationsspiels sowie an einem realen Beispiel erläutern.
5	Überhandnehmen von Merkmalen: Gendrift Beispiel Fledermaus: Wie kommt die Fledermaus zu ihren Flügeln?	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler*innen können in eigenen Worten formulieren, wieso häufig vom «Überleben der Glücklichen» und nicht vom «Überleben der Angepassten» gesprochen werden muss (Gendrift). Die Schüler*innen können den Gendrift am Beispiel der Seitenfleckenguane erklären. Die Schüler*innen können in eigenen Worten formulieren, wie die Fledermaus zu ihren Flügeln gekommen sein könnte. Die Schüler*innen können die Begriffe Selektion und Gendrift anhand des Beispiels der Fledermaus erklären.
6	Überblick/Repetition Evolutionsprozess (Strukturlegetechnik) <i>Teilung der Klasse: Philosophisches Gespräch und fachliche Vertiefung</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler*innen können mithilfe der Strukturlegetechnik zentrale Aspekte der Evolution zusammenhängend darstellen und die gelegte Struktur erklären.
7	Höherentwicklung: Kann der Zufall zu höheren Lebewesen führen? Illusion Fortschritt: Der Stammbaum trägt	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler*innen können mithilfe des Experiments zu den Münzwürfen erklären, wieso die Evolution nicht immer zu komplexeren Lebewesen führt. Die Schüler*innen können mithilfe von Beispielen zur Entwicklung des Menschen zeigen, dass Evolution nicht immer Fortschritt bedeutet.

8	Was ist eine Art? Die Entstehung neuer Arten	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler*innen können Kriterien nennen, welche für die Einteilung von Lebewesen in Arten verwendet werden. • Die Schüler*innen können mithilfe von Beispielen erklären, wieso die Einteilung von Lebewesen schwierig und nicht eindeutig ist. • Die Schüler*innen wissen, dass es von Natur aus keine Arten gibt, sondern der Mensch Kategorien bestimmt hat.
9	Was ist eine Art? <i>Teilung der Klasse: Philosophisches Gespräch und fachliche Vertiefung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler*innen können Kriterien nennen, welche für die Einteilung von Lebewesen in Arten verwendet werden. • Die Schüler*innen können mithilfe von Beispielen erklären, wieso die Einteilung von Lebewesen schwierig und nicht eindeutig ist. • Die Schüler*innen wissen, dass es von Natur aus keine Arten gibt, sondern der Mensch Kategorien bestimmt hat.
10	Übersicht Evolutionsprozess (Strukturlegetechnik) Syntheseaufgabe: Wie verändern sich Lebewesen?	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler*innen können erklären, wie und wieso sich Lebewesen (Giraffe, Bakterien) verändern.

7.2 Konzeption der philosophischen Gespräche

Die Thematisierung von ethischen Fragen im naturwissenschaftlichen Unterricht ist gängige Praxis, für welche zahlreiche Methoden zur Verfügung stehen (vgl. Kapitel 2.2). Ziel war es daher, auch anderen philosophischen Fragen im Unterricht Raum zu geben. Zur Förderung des Verständnisses von *nature of science* bieten sich insbesondere erkenntnistheoretische und wissenschaftstheoretische Fragen an. In diesem Kapitel werden sowohl der Kontext der philosophischen Gespräche als auch deren Aufbereitung für die Lehrpersonen erläutert.

7.2.1 Kontext der philosophischen Fragen

In der Unterrichtseinheit wurden die Klassen zu drei Zeitpunkten aufgeteilt. Während die Philosophiegruppe an philosophischen Gesprächen teilnahm, beschäftigte sich die Biologiegruppe mit vertiefenden fachlichen Aufgaben. Der vorgegebene Richtwert für diese getrennten Unterrichtssequenzen betrug 25 Minuten. In den folgenden Abschnitten werden die ausgewählten philosophischen Fragen, ihr philosophischer Hintergrund sowie der Zusammenhang zur Fragestellung dieser Untersuchung dargelegt.

Macht die Evolutionstheorie den Glauben an Gott und Religionen überflüssig?

Die erste philosophische Frage beschäftigt sich mit dem Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft sowie den Unterschieden und Gemeinsamkeiten der beiden Bereiche. Nach Yasri und Mancy (2014) existieren vier Möglichkeiten, wie Religion und Naturwissenschaft in Beziehung gesetzt werden können: Konflikt, Kontrast, Ergänzung und Verschmelzung (vgl. Kapitel 4.1). Die Konfliktperspektive kann dabei als weit verbreitet gelten und beeinflusst das Lernen sowie die Akzeptanz der Lernenden in der Thematik der Evolution (vgl. Kapitel 4.1 und Kapitel 4.5). Es ist deshalb wichtig, die Vorstellungen zur (In-)Kompatibilität im Unterricht aufzugreifen und die Ziele, Fragen und Methoden der beiden Perspektiven genauer zu betrachten. In verschiedenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass eine Thematisierung des Verhältnisses von Religion und Naturwissenschaft die Akzeptanz der Evolution positiv beeinflussen kann (vgl. Kapitel 4.5). Für eine Integration von religiösen Aspekten in den naturwissenschaftlichen Unterricht spricht auch die Bedeutung von (intuitiven) Schüler*innenvorstellungen für das Lernen (vgl. Kapitel 1.7.1.1). Das Gespräch fokussiert zentrale Kompetenzen, welche nach Lehrplan 21 im naturwissenschaftlichen Unterricht sowie im Fach Ethik, Religionen, Gemeinschaft angestrebt werden sollen (D-EDK, 2016):

- NT.1.1d: Die Schülerinnen und Schüler können generalisieren, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung abläuft, welchen Prinzipien sie unterliegt und diese nicht naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung gegenüberstellen. (*Prinzipien der Naturwissenschaften: grundsätzliche Verstehbarkeit der Welt, Einfachheit der Lösung, Objektivität und Reproduzierbarkeit, Beständigkeit und Vorläufigkeit, Grenzen der Erkenntnisse*)
- ERG.4.5b: Die Schülerinnen und Schüler können wissenschaftliches Fragen, Forschen und Erklären von Lebensweisheit, religiöser Tradition und Überzeugung abgrenzen. (*Wissen und Glauben, Weisheit*)

Können wir uns auf die Naturwissenschaft verlassen?

Das zweite philosophische Gespräch fokussiert nun noch expliziter den epistemologischen Status des naturwissenschaftlichen Wissens. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden im Unterricht häufig als wahr und unveränderlich präsentiert,

obwohl diese ergänzt, angepasst und widerlegt werden können. Obschon die Naturwissenschaft kein absolutes Wissen liefert, ist dieses dennoch nicht relativ. Um dies zu verstehen, braucht es Kenntnis des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses (vgl. Kapitel 2.1.4). Die zweite philosophische Frage adressiert somit wiederum und diesmal noch spezifischer das zuvor bereits dargelegte Kompetenzziel des Lehrplans 21 (D-EDK, 2016):

- NT.1.1d: Die Schülerinnen und Schüler können generalisieren, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung abläuft, welchen Prinzipien sie unterliegt und diese nicht naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung gegenüberstellen. (*Prinzipien der Naturwissenschaften: grundsätzliche Verstehbarkeit der Welt, Einfachheit der Lösung, Objektivität und Reproduzierbarkeit, Beständigkeit und Vorläufigkeit, Grenzen der Erkenntnisse*)

Die philosophische Frage sowie die erwähnte Kompetenz thematisieren Aspekte von *nature of science*. Das Verständnis von *nature of science* hat sich in zahlreichen Studien als zentraler Faktor für die Akzeptanz der Evolution herauskristallisiert (vgl. Kapitel 3.3.1). Eine Integration einer erkenntnistheoretischen Frage während des Evolutionsunterrichtes scheint deshalb zielführend zu sein.

Was unterscheidet Mensch und Tier?

Im dritten philosophischen Gespräch setzen sich die Schüler*innen primär mit anthropologischen und ethischen Fragen auseinander. Die Evolutionstheorie lässt unweigerlich die Frage nach dem Selbstverständnis des Menschen aufkommen. Im Gespräch werden deshalb Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Tieren und Menschen sowie die daraus resultierenden Konsequenzen diskutiert. Bei der Beschäftigung mit der Frage wird jedoch auch ersichtlich, dass diese aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet werden kann. Während die Naturwissenschaft den Menschen unstreitig als Säugetier klassifiziert, kann eine religiöse Perspektive diesem eine besondere Signifikanz zukommen lassen. Viele Schüler*innen tragen Vorstellungen zur Entstehung des Menschen und dessen Bedeutung in sich, welche in der Konfrontation mit der Thematik der Evolution automatisch aktiviert werden (vgl. Kapitel 1.7.1.1 und 3.4.1). Aus diesem Grund ist es wichtig, diese Präkonzepte im Unterricht aufzugreifen und der Reflexion zugänglich zu machen.

7.2.2 Aufbereitung der philosophischen Gespräche für die Unterrichtseinheit

Die Lehrpersonen, welche an der Studie teilnahmen, besuchten vorgängig eine Weiterbildung, welche die Beschäftigung mit der Methode des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen umfasste. Neben der Planung der Unterrichtseinheit erhielten die Teilnehmer*innen ausserdem Materialien zu den philosophischen Gesprächen, welche sie in der Durchführung derselben unterstützten. In diesen Materialien enthalten waren eine erneute Beschreibung der Methode, Hintergrundinformationen zu allen philosophischen Fragen sowie mögliche Hebammenfragen. Die Gespräche begannen jeweils mit einem vorbereiteten Einstieg; dies konnte beispielsweise ein Bild oder ein Zitat sein. Anschliessend standen der Lehrperson eine Auswahl an Hebammenfragen zur Verfügung, welche nach Kategorien unterteilt dargestellt wurden. Die vollständigen Materialien finden sich im Anhang 1.

8 Erhebung und Auswertung

8.1 Untersuchungszeitraum und Stichprobe

Die Mitwirkung an der vorliegenden Untersuchung stand allen Lehrpersonen offen, welche die Unterrichtseinheit zur Evolution im vorgegebenen Zeitraum an einer zweiten oder dritten Sekundarklasse durchführen konnten und – mit einer Ausnahme – an einer Einführung in das Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen teilgenommen hatten. In den Schuljahren 2018/2019 und 2019/2020 führten insgesamt elf Lehrpersonen die Unterrichtseinheit zur Evolution mit den dazugehörigen philosophischen Gesprächen an 21 Klassen durch, deren Schüler*innen somit Teil der Philosophie- und Biologiegruppe waren. Die Einteilung der Schüler*innen zur jeweiligen Gruppe geschah in der Regel zufällig. Eine Ausnahme wurde gemacht, wenn Schüler*innen und Eltern nicht in Audio-Aufnahmen einwilligten. Drei Lehrpersonen standen mit insgesamt fünf Klassen als Wartekontrollgruppe zur Verfügung. Die rekrutierten Lehrpersonen und Klassen stammten in überwiegender Mehrheit aus dem Kanton Luzern. Zwei Lehrpersonen unterrichteten im Kanton Zürich, eine im Kanton Aargau. Fünf weitere Klassen mussten die Studie wegen der Schulschliessungen aufgrund der Covid-19 Pandemie abbrechen. Die Philosophiegruppe bestand über die drei Zeitpunkte hinweg aus 167-186, die Biologiegruppe aus 140-158 und die Wartekontrollgruppe aus 76-98 Schüler*innen. In der Interventionsgruppe verteilten sich zum Zeitpunkt des Prätests je 159 weibliche und 153 männliche Lernende gleichmässig auf Philosophie- und Biologiegruppe. Die Wartekontrollgruppe bestand aus 46 weiblichen und 34 männlichen Proband*innen. Das durchschnittliche Alter betrug in der Philosophiegruppe 14,43 Jahre, in der Biologiegruppe 14,35 Jahre und in der Wartekontrollgruppe 13,78 Jahre. Die Tabelle 15 gibt eine Übersicht über die Zugehörigkeit zu unterschiedlichen Religionsgemeinschaften. Es kann somit von einer ausgeglichenen Stichprobe ausgegangen werden.

Tabelle 15: Religionszugehörigkeit nach Stichprobe in Prozent

Stichprobe	christlich	muslimisch	andere	keine
Philosophiegruppe	75.44	5.26	4.68	14.61
Biologiegruppe	68.79	12.06	2.84	16.31
Wartekontrollgruppe	73.75	6.25	3.75	16.25

8.2 Erhebungsinstrumente

Zur Erfassung der involvierten Variablen wurden in dieser Studie primär Fragebogen sowie ein Test eingesetzt. Für die Beurteilung der Qualität der philosophischen Gespräche wurde mit einem hoch inferenten Ratinginstrument gearbeitet. Im ersten Kapitel werden die Erhebungsinstrumente und Skalen der Fragebogen und des Tests vorgestellt. Im zweiten Kapitel werden Entwicklung und Aufbau des Ratinginstrumentes erläutert.

8.2.1 Fragebogen und Test

Zur Erhebung der quantitativen Daten wurde ein Fragebogen sowie ein Test für die Lehrpersonen als auch die Schüler*innen verwendet. In den folgenden Abschnitten werden die Auswahl und Entwicklung der Skalen sowie die Ergebnisse der Analysen der einzelnen Konstrukte dargestellt. Der Fragebogen zur Akzeptanz der Evolution, zu den epistemologischen Überzeugungen und zum Konflikt zwischen Religion und Naturwissenschaft sowie der Verständnistest wurden zu drei Punkten (Prätest, Posttest, Follow-up-Test) eingesetzt, während die Religiosität und die schulische Leistungsfähigkeit nur einmal erhoben wurden. Der gesamte Fragebogen für den Zeitpunkt des Prätests ist im Anhang 2 einsehbar.

Soziodemografische Daten

Nach einer kurzen Einleitung, welche die Intention und den Inhalt des Fragebogens sowie einen Hinweis auf die Anonymisierung umfasste, folgten Informationen zur Bearbeitung des Fragebogens. Nach Eingabe eines persönlichen Codes sowie eines Klassencodes wurde das Alter, das Geschlecht und die Religionszugehörigkeit erfragt.

Akzeptanz der Evolution

Zur Messung der Akzeptanz der Evolution (AE) existieren zahlreiche Erhebungsinstrumente, von welchen sich jedoch aufgrund der Komplexität und des benötigten Vorwissens keines als geeignet für die Sekundarschule 1 erweist (vgl. Kapitel 3.2). Daher wurden Items aus verschiedenen Testinstrumenten ausgewählt, welche einerseits für Jugendliche verständlich sind und andererseits den Prämissen dieser Untersuchung entsprechen. So wird in dieser Studie davon ausgegangen, dass eine

Akzeptanz der Evolution auch bei einem vorhandenen Schöpferglauben möglich ist. Die Tabelle 16 stellt die gewählten Items sowie ihre Quelle dar. Die Schüler*innen und Lehrpersonen bringen ihre Zustimmung oder Ablehnung auf einer fünfstufigen Skala zum Ausdruck.

Tabelle 16: *Skala zur Akzeptanz der Evolution*

Dimensionen	Item		Quellen
Unveränderliche Form (UV)	ae1	Lebewesen existieren heute im Wesentlichen in derselben Form, in der sie schon immer existiert haben.	Lammert, 2012; Rutledge & Warden, 1999
Langdauernder Prozess (LP)	ae2	Die heutigen Lebewesen sind das Ergebnis evolutionärer Prozesse, die über Millionen von Jahren stattgefunden haben.	Lammert, 2012; Rutledge & Warden, 1999
Abstammung (A)	ae3	Alle Lebewesen stammen von einem gemeinsamen Vorfahren ab.	Johannsen & Krüger, 2005
Unveränderliche Form (UF)	ae4	Menschen existieren heute im Wesentlichen in derselben Form, in der sie schon immer existiert haben.	Lammert, 2012; Rutledge & Warden, 1999
Langdauernder Prozess (LP)	ae5	Der moderne Mensch ist das Ergebnis evolutionärer Prozesse, die über Millionen von Jahren stattgefunden haben.	Lammert, 2012; Rutledge & Warden, 1999
Abstammung (A)	ae6	Menschen und Affen haben gemeinsame Vorfahren.	Johnson & Peeples, 1987

Die Annahme, dass es sich beim dargestellten Instrument um ein eindimensionales Konstrukt handelt, konnte nicht bestätigt werden. Es wurde deshalb ein Messmodell erstellt, welches die drei Subdimensionen *Unveränderliche Form (UV)*, *Abstammung (A)* und *Langdauernder Prozess (LP)* mit je zwei Items enthält. Die Abbildung 7 zeigt das Messmodell mit den entsprechenden Faktorladungen im Posttest, welches eine gute Modellanpassung aufweist (Schermelleh-Engel, Moosbrugger & Müller, 2003). Die Berechnung der internen Konsistenz mittels Cronbachs Alpha wurde aufgrund der zu geringen Itemanzahl der Subdimensionen für die gesamte Skala vorgenommen; der Wert liegt bei .66.

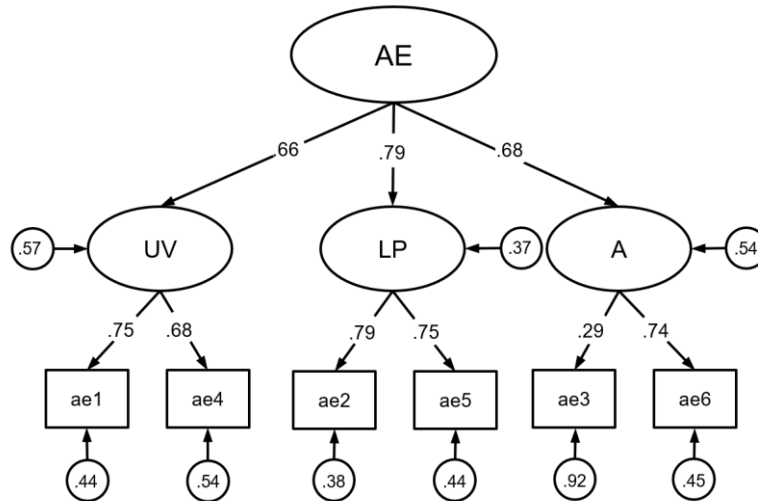


Abbildung 7: Messmodell zur Akzeptanz der Evolution im Posttest ($N = 333$). Modell fit: $\chi^2(6) = 6.246$, $p = .396$; CFI = 0.999; TLI = 0.998; RMSEA = .011; SRMR = .019.

Da in der vorliegenden Untersuchung latente Mittelwerte und Zusammenhänge zwischen zwei Gruppen sowie verschiedenen Zeitpunkten fokussiert werden, müssen die Erhebungsinstrumente messinvariant sein. In einem ersten Schritt wurde die Messinvarianz zwischen Philosophie- und Biologiegruppe im Posttest untersucht. In einem Modell mit einem Faktor zweiter Ordnung werden dabei auch die Faktorladungen sowie die Intercepts der Faktoren erster Ordnung gleichgesetzt (Rudnev, Lytkina, Davidov, Schmidt & Zick, 2018). Nähere Erläuterungen zur Messinvarianz finden sich im Kapitel 8.3 zur Datenanalyse und Auswertung. Die Tabelle 17 legt dar, dass das Erhebungsinstrument zum Zeitpunkt des Posttests zwischen beiden Gruppen eine skalare Messinvarianz aufweist.

Tabelle 17: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Akzeptanz der Evolution zwischen Philosophie- und Biologiegruppe (Philosophiegruppe: $N = 180$; Biologiegruppe: $N = 153$)

Modell	χ^2	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ (Δdf)	p
Konfigurale Invarianz	12.729	12	.389	0.998	0.994	.019	.025		
Metrische Invarianz	17.962	17	.391	0.997	0.995	.019	.045	5.241 (5)	.387
Skalare Invarianz	21.513	22	.489	1.000	1.002	<.001	.047	3.380 (5)	.642

Anmerkung: Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels «Robust Maximum Likelihood» (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

In einem zweiten Schritt wurde die Messinvarianz zwischen Prä- und Posttest analysiert. Um das Modell bei der Berechnung von Veränderungen zu vereinfachen und die Anzahl der Variablen zu reduzieren, wurden zuerst Item-Päckchen gemäss der definierten Subdimensionen gebildet (Item Parceling) (Schermelleh-Engel & Werner, 2009). Um ein Modell mit drei Variablen (UV, LP, A) zu erhalten, wurden die jeweiligen Faktorenwerte berechnet. Dieses vereinfachte Modell wies jedoch keine metrische Invarianz auf, so dass eine partielle metrische Invarianz und darauf basierend eine skalare Invarianz modelliert wurde (Steinmetz, Schmidt, Tina-Booh, Wieczorek & Schwartz, 2009; Steinmetz, 2018). Können die Ladungen der Subdimension *Abstammung* (A) im Modell frei geschätzt werden, ergibt sich eine skalare Invarianz, wie dies in der Tabelle 18 deutlich wird.

Tabelle 18: *Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Akzeptanz der Evolution zwischen Prä- und Posttest (N = 333)*

Modell	χ^2	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ (Δdf)	p
Konfigurale Invarianz	3.716	5	.591	1.000	1.005	<.001	.017		
Metrische Invarianz	52.154	7	<.001	0.943	0.878	.143	.091	57.010 (2)	<.001
Partielle metrische Invarianz	5.230	6	.515	1.000	1.003	<.001	.018	1.596 (1)	.207
Skalare Invarianz*	6.662	8	.573	1.000	1.003	<.001	.022	1.408 (2)	.495

*Modell basiert auf partieller metrischer Invarianz.

Anmerkung: Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels «Robust Maximum Likelihood» (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

In der Untersuchung wurde ein zweites Instrument zur Erhebung der Akzeptanz eingesetzt, welches acht mögliche Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung enthält. Das in Tabelle 19 dargestellte Instrument stammt ursprünglich von Yasri und Mancy (2016) und wurde für diese Studie auf Deutsch übersetzt und leicht adaptiert. Die Schüler*innen mussten sich dabei für diejenige Position entscheiden, welche ihnen am ehesten entspricht. Nach Yasri und Mancy (2016) implizieren die letzten vier Positionen eine Akzeptanz der Evolution und entsprechen einer göttlichen oder nicht-theistischen Evolution. Die ersten vier Positionen weisen auf eine Ablehnung der Evolution hin und widerspiegeln eine kreationistische Sichtweise. Zusätzlich wurde eine Kategorie «Ich weiss nicht» ergänzt.

Tabelle 19: *Erhebungsinstrument zu Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung nach Yasri und Mancy, 2016*

ekk1	Wörtlicher Kreationismus	Alle Lebewesen wurden von einer Gottheit in mehr oder weniger ihrer heutigen Form zur gleichen Zeit geschaffen.
ekk2	Höhere Gattungen erschaffen	Einige Lebewesen sind aus früheren Formen hervorgegangen, die von einer Gottheit erschaffen wurden. Höhere Arten wie Reptilien, Vögel und Säugetiere wurden jedoch mehr oder weniger in ihrer heutigen Form erschaffen.
ekk3	Nur Menschen erschaffen	Einige Lebewesen entwickelten sich aus früheren Formen, die von einer Gottheit geschaffen wurden, aber die Menschen wurden in mehr oder weniger ihrer heutigen Form erschaffen.
ekk4	Progressive Schöpfung	Alle Lebewesen wurden im Laufe der Zeit schrittweise von einer Gottheit in mehr oder weniger ihrer heutigen Form geschaffen.
ekk5	Theistische Evolution	Alle Lebewesen entwickelten sich aus früheren Formen, aber eine Gottheit greift von Zeit zu Zeit ein, um die evolutionären Prozesse zu formen oder zu überschreiben.
ekk6	Deistische Evolution	Alle Lebewesen entwickelten sich aus früheren Formen, aber das Leben und die Evolution wurden zuerst von einer Gottheit in Gang gesetzt und liefen dann ohne zusätzliche Eingriffe weiter.
ekk7	Agnostische Evolution	Leben entstand aus nicht lebenden Teilchen und dann entwickelten sich alle heutigen Lebewesen aus diesen früheren Formen. Eine Gottheit kann existieren, dies ist jedoch außerhalb des Bereichs der Evolutionstheorie.
ekk8	Atheistische Evolution	Leben entstand aus nicht lebenden Teilchen und dann entwickelten sich alle heutigen Lebewesen aus diesen früheren Formen. Keine Gottheit hat je eine Rolle in der Evolution des Lebens auf der Erde gespielt.

Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft

Zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft existieren keine Erhebungsinstrumente. Aufgrund der Typologie von Barbour (1990) und Yasri und Mancy (2014) wurden für diese Studie vier Items formuliert, welche in der Tabelle 20 ersichtlich sind. Für die Untersuchung wurden lediglich die Varianten Konflikt, Kontrast und Ergänzung berücksichtigt.

Tabelle 20: *Erhebungsinstrument zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft*

Konflikt (1)	vnr1	Naturwissenschaft und Religion widersprechen sich häufig. Nur die Naturwissenschaft bietet sicheres Wissen.
Konflikt (2)	vnr2	Religion und Naturwissenschaft widersprechen sich häufig. Nur die Religion bietet sicheres Wissen.
Kontrast	vnr3	Naturwissenschaft und Religion können sich nicht widersprechen. Beide beschäftigen sich mit unterschiedlichen Fragen und verwenden dazu unterschiedliche Methoden.
Ergänzung	vnr4	Naturwissenschaft und Religion können sich nicht widersprechen. Sie betrachten die Welt aus zwei unterschiedlichen Perspektiven. Für ein vollständiges Bild der Wirklichkeit brauchen wir beide.

Epistemologische Überzeugungen (nature of science)

Conley et al. (2004) entwickelten einen Fragebogen zu epistemologischen Überzeugungen, welcher sich an der vierdimensionalen Struktur von Hofer und Pintrich (1997) orientiert und in dieser Untersuchung eingesetzt wurde. Die Autor*innen erfassen im Bereich der Struktur des Wissenserwerbs die Dimensionen Quelle und Rechtfertigung. Die Struktur des Wissens widerspiegelt sich in den Dimensionen Sicherheit (ES) und Entwicklung (EE), welche sich somit teilweise von Hofer und Pintrich (1997) unterscheiden. In dieser Studie wurden die zwei Dimensionen zur Struktur des Wissens erfasst. Dabei werden diese als Aspekte von *nature of science* betrachtet. Um einen guten Model Fit und eine adäquate Reliabilität der Skala zu erhalten, musste je ein Item ausgeschlossen werden (*ee5*, *es6*). Die verwendeten Items der Subskalen werden in der Tabelle 21 dargestellt. Diese werden mithilfe einer fünf-stufigen Skala eingeschätzt.

Tabelle 21: *Adaptierte Skala zu epistemologischen Überzeugungen nach Conley et al., 2004*

Sicherheit des Wissens	es1	Es gibt nur eine Lösung, wenn Naturwissenschaftler einmal das Ergebnis eines Experiments gefunden haben.
	es2	Alle Fragen in den Naturwissenschaften haben genau eine Lösung.
	es3	In den Naturwissenschaften ist beinahe alles bekannt; es gibt nicht mehr viel, was man herausfinden könnte.
	es4	Das Wissen in den Naturwissenschaften ist für alle Zeiten wahr.
	es5	Naturwissenschaftler stimmen immer darin überein, was in ihrem Fach wahr ist.
Entwicklung des Wissens	ee1	Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Naturwissenschaftler für wahr halten.
	ee2	Die Vorstellungen in Naturwissenschaftsbüchern verändern sich manchmal.
	ee3	Einige Vorstellungen in den Naturwissenschaften sind heute anders als das, was Naturwissenschaftler früher dachten.
	ee4	Manchmal ändern Naturwissenschaftler ihre Meinung darüber, was in ihrem Fach wahr ist.

Die Abbildung 8 zeigt das Messmodell der Skala Entwicklung des Wissens (EE) mit den entsprechenden Faktorladungen im Posttest, welches eine gute Modellanpassung aufweist (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die interne Konsistenz der Skala zum Zeitpunkt des Posttests ist mit einem Cronbachs Alpha von .75 akzeptabel.

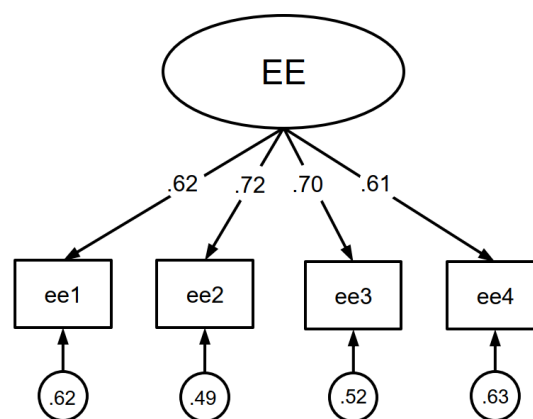


Abbildung 8: Messmodell zur Entwicklung des Wissens im Posttest ($N = 333$). Model fit: $\chi^2(2) = 2.622$, $p = .269$; CFI = 0.998; TLI = 0.993; RMSEA = .032; SRMR = .014.

Wie in Tabelle 22 ersichtlich, ist die Messinvarianz zwischen Philosophie- und Biologiegruppe zum Zeitpunkt des Posttests gegeben. Es zeigt sich jedoch, dass keine

skalare Invarianz über die Zeit – also zwischen Prätest und Posttest – besteht. Können die Intercepts der Items *ee4* und *pee4* im Modell frei geschätzt werden, ergibt sich eine partielle skalare Messinvarianz (vgl. Tabelle 23).

Tabelle 22: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Entwicklung des Wissens zwischen Philosophie- und Biologiegruppe (Philosophiegruppe: $N = 180$; Biologiegruppe: $N = 153$)

Modell	χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ (Δdf)	<i>p</i>
Konfigurale Invarianz	2.711	4	.607	1.000	1.016	<.001	.014		
Metrische Invarianz	3.832	7	.799	1.000	1.024	<.001	.026	1.191 (3)	.755
Skalare Invarianz	6.262	10	.793	1.000	1.019	<.001	.032	2.556 (3)	.465

Anmerkung: Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels «Robust Maximum Likelihood» (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 23: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Entwicklung des Wissens zwischen Prä- und Posttest ($N = 333$)

Modell	χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ (Δdf)	<i>p</i>
Konfigurale Invarianz	13.702	15	.548	1.000	1.006	<.000	.027		
Metrische Invarianz	14.929	18	.667	1.000	1.011	<.000	.043	1.340 (3)	.720
Skalare Invarianz	24.014	21	.292	0.993	0.991	.021	.038	10.089 (3)	.018
Partielle skalare Invarianz	19.650	20	.480	1.000	1.001	<.000	.034	5.138 (2)	.077

Anmerkung: Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels «Robust Maximum Likelihood» (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Die Abbildung 9 zeigt das Messmodell der Skala Sicherheit des Wissens (ES) mit den entsprechenden Faktorladungen im Posttest, welches eine gute Modellanpassung aufweist (Schermelleh-Engel et al., 2003). Aufgrund der ähnlichen Formulierung der Items *es1* und *es2* wurde eine Kovarianz zwischen den Residuen dieser Variablen spezifiziert. Die interne Konsistenz der Skala zum Zeitpunkt des Posttests ist mit einem Cronbachs Alpha von .70 akzeptabel.

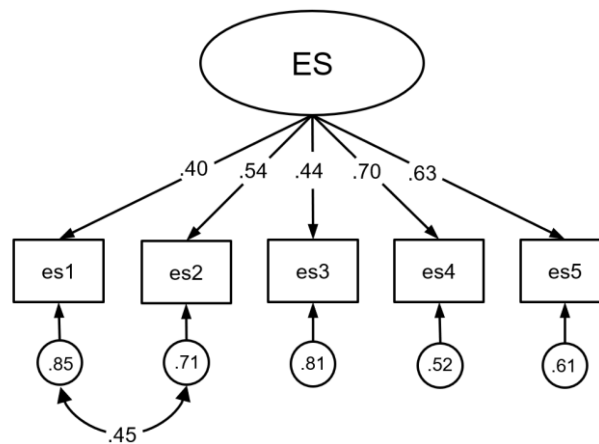


Abbildung 9: Messmodell zur Sicherheit des Wissens im Posttest ($N = 333$). Model fit: $\chi^2(4) = 4.003$, $p = .406$; CFI = 1.000; TLI = 1.000; RMSEA < .002; SRMR = .017.

Die skalare Messinvarianz dieser Subskala der epistemologischen Überzeugungen ist zwischen Philosophie- und Biologiegruppe zum Zeitpunkt des Posttests gegeben. Die Indikatoren der Messinvarianzanalyse werden in der Tabelle 24 dargestellt. Zwischen den Zeitpunkten besteht keine skalare Messinvarianz, so dass eine partielle skalare Messinvarianz modelliert wird, indem die Intercepts der Items *es1* und *es4* im Prä- und Posttest nicht gleichgesetzt werden. Die entsprechenden Indikatoren der Modelle werden in der Tabelle 25 aufgeführt.

Tabelle 24: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Sicherheit des Wissens zwischen Philosophie- und Biologiegruppe (Philosophiegruppe: $N = 180$; Biologiegruppe: $N = 153$)

Modell	χ^2	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ (Δdf)	p
Konfigurale Invarianz	5.742	8	.676	1.000	1.024	<.001	.019		
Metrische Invarianz	9.477	12	.662	1.000	1.017	<.001	.038	3.790 (4)	.435
Skalare Invarianz	13.723	16	.619	1.000	1.011	<.001	.044	4.443 (4)	.349

Anmerkung: Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels «Robust Maximum Likelihood» (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 25: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Sicherheit des Wissens zwischen Prä- und Posttest ($N = 333$)

Modell	χ^2	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ (Δdf)	p
Konfigurale Invarianz	37.522	27	.086	0.979	0.964	.034	.038		
Metrische Invarianz	37.956	31	.182	0.986	0.979	.026	.040	0.734 (4)	.947
Skalare Invarianz	52.776	35	.027	0.964	0.954	.039	.046	15.627 (4)	.004
Partielle skalare Messinvarianz	40.424	33	.175	0.985	0.979	.026	.041	2.471 (2)	.291

Anmerkung: Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels «Robust Maximum Likelihood» (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Religiosität

Die Religiosität (R) der Proband*innen wurde mithilfe einer adaptierten Skala von Huber (2003) erfasst, welche die Dimensionen *Kognitives Interesse*, *Religiöse Ideologie*, *Gebet*, *Erfahrung* und *Gottesdienst* umfasst. Die Antwortmöglichkeiten in zwei Dimensionen wurden angepasst, so dass diese in allen Bereichen aus fünf Stufen bestehen. Um das Modell zu vereinfachen und einen guten Model Fit zu erhalten, wurde jeweils ein Item aus jeder Dimension ausgewählt. So ergab sich schliesslich ein eindimensionales Konstrukt mit guter Anpassungsgüte. Die ursprünglichen Subskalen sowie das dazugehörige Item werden in der Tabelle 26 präsentiert.

Tabelle 26: Adaptierte Skala zur Religiosität nach Huber, 2003

Kognitives Interesse	r11	Wie oft denkst du über religiöse Fragen nach?
Religiöse Ideologie	r13	Wie wahrscheinlich ist deiner Ansicht nach die Existenz Gottes?
Gebet	r16	Wie wichtig ist für dich das persönliche Gebet?
Erfahrung	r18	Wie oft erlebst du Situationen, in denen du fühlst, dass Gott konkret eingreift?
Gottesdienst	r110	Wie wichtig ist dir die Teilnahme an Gottesdiensten?

Die Abbildung 10 zeigt das Messmodell der Skala Religiosität mit den entsprechenden Faktorladungen, welches eine gute Modellanpassung aufweist (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die interne Konsistenz der Skala zum Zeitpunkt des Posttests ist mit einem Cronbachs Alpha von .88 gut.

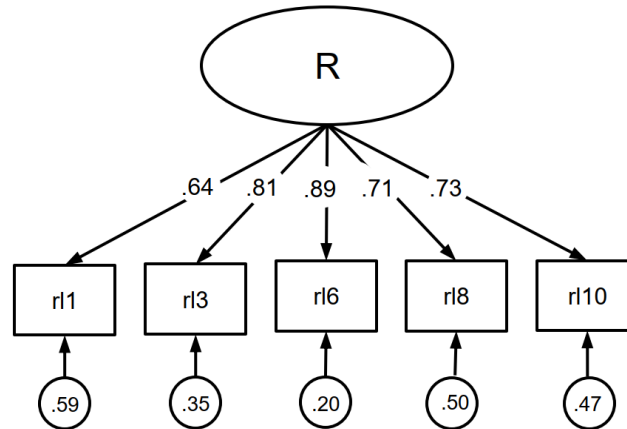


Abbildung 10: Messmodell zur Religiosität ($N = 301$). Model fit: $\chi^2(5) = 2.383$, $p = .794$; CFI = 1.000; TLI = 1.009; RMSEA = $<.001$; SRMR = .010.

In der Tabelle 27 finden sich die Indikatoren zur Messinvarianz zwischen Philosophie- und Biologiegruppe; diese ist gegeben.

Tabelle 27: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Religiosität zwischen Philosophie- und Biologiegruppe (Philosophiegruppe: $N = 165$; Biologiegruppe: $N = 135$)

Modell	χ^2	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ (Δdf)	p
Konfigurale Invarianz	11.491	10	.321	0.998	0.995	.033	.020		
Metrische Invarianz	18.733	14	.175	0.993	0.990	.050	.046	7.338(4)	.119
Skalare Invarianz	19.883	18	.339	0.997	0.997	.027	.046	0.858 (4)	.931

Anmerkung: Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels «Robust Maximum Likelihood» (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Schulische Leistungsfähigkeit

Um einen Referenzwert für die schulische Leistungsfähigkeit (SL) zu erhalten, wurde das Resultat des Stellwerktests des Faches Mathematik aus dem achten Schuljahr (zweite Sekundarstufe) in die Untersuchung integriert. Stellwerk ist ein standardisierter Test, welcher in verschiedenen Kantonen zur Standortbestimmung und individuellen Förderung der Schüler*innen eingesetzt wird. Die Lernenden können in jedem Fachbereich einen Wert zwischen 200 und 800 Punkten erreichen, wobei der Median bei 500 Punkten liegt (Goetze & Wissler, 2009). Aufgrund der Covid-19-Pandemie im Jahr 2020, welche eine zeitweilige Schliessung der Volksschule zur Folge hatte, wurden die Stellwerktest in den zweiten Klassen im Kanton

Luzern nicht durchgeführt, so dass diese Daten nur für einen Teil der Stichprobe zur Verfügung stehen.

Verständnis der Evolution

Zur Erfassung des Verständnisses der Evolution (V) standen keine geeigneten Testinstrumente zur Verfügung, welche den Voraussetzungen der Lernenden gerecht wurden. Für die vorliegende Untersuchung wurden folglich Aufgaben aus verschiedenen Studien übernommen und adaptiert und mit eigenen analogen Beispielen erweitert. Das Verständnis der Evolution wurde in fünf Dimensionen aufgegliedert: *Veränderung des Genotyps*, *Veränderung des Phänotyps (Eigenschaften)*, *Veränderung des Phänotyps (Merkmale)*, *Eingriff in den Phänotyp* und *Phänotypische Veränderung auf Individual- oder Populationsebene*. Bei der Zusammenstellung der Aufgaben wurde darauf geachtet, dass in jeder Dimension Beispiele mit Tieren und Menschen sowie teilweise Pflanzen vorhanden sind. Als Distraktoren wurden gängige Alltags- oder Fehlvorstellungen verwendet (vgl. Kapitel 3.4.1). Die Subdimension *Eingriff in den Phänotyp* wurde nicht für die weiteren Analysen verwendet, da sich bereits im Prätest ein starker Deckeneffekt zeigte. Die Tabelle 28 gibt eine Übersicht zu den Inhalten und Quellen der verwendeten Aufgaben.

Tabelle 28: *Erhebungsinstrument zum Verständnis der Evolution*

Dimension	Item	Quellen	
Veränderung des Genotyps	vdg1	Auswirkung einer Mutation am Beispiel eines Fohlens einer Zebraherde	Fischer, 2014; Lammer, 2012
	vdg2	Auswirkung einer Mutation am Beispiel einer jungen Maispflanze	Eigenentwicklung analog zu vdg1
	vdg3	Auswirkung einer Mutation am Beispiel eines Kindes	Eigenentwicklung analog zu vdg1
Veränderung des Phänotyps (Eigenschaften)	vdpe1	Entwicklung von Eigenschaften am Beispiel des Geparden (Geschwindigkeit)	Fischer, 2014; Lammer, 2012; Bishop & Anderson, 1990
	vdpe2	Entwicklung von Eigenschaften am Beispiel des Seehundes (lange unter Wasser bleiben)	Fischer, 2014
	vdpe3	Entwicklung von Eigenschaften am Beispiel des Menschen (aufrechter Gang)	Eigenentwicklung analog zu vdpe1 und vdpe2
Veränderung des Phänotyps (Merkmale)	vdpm1	Entwicklung von Merkmalen am Beispiel der Enten (Schwimmhäute)	Fischer, 2014; Lammer, 2012; Bishop & Anderson, 1990
	vdpm2	Entwicklung von Merkmalen am Beispiel des Polarfuchses (dickes Fell)	Fischer, 2014
	vdpm3	Entwicklung von Merkmalen am Beispiel der Menschen (wenig Körperbehaarung)	Eigenentwicklung analog zu vdpm1 und vdpm2
Phänotypische Veränderung auf Individual- oder Populationsebene	pvip1	Veränderung von Merkmalen in Populationen am Beispiel von Mäusen (Fellfarbe)	Fischer, 2014; Lammer, 2012
	pvip2	Veränderung von Merkmalen in Populationen am Beispiel von Petunien (Blütenfarbe)	Eigenentwicklung analog zu pvip1
	pvip3	Veränderung von Merkmalen in Populationen am Beispiel von Menschen (Hautfarbe)	Eigenentwicklung analog zu pvip1

Die Faktorladungen zum Zeitpunkt des Posttests werden in der Abbildung 11 dargestellt. Aufgrund des starken inhaltlichen Zusammenhangs zwischen den zwei Subdimensionen zur Veränderung des Phänotyps (vdpm, vdpe) wurde – theoretisch begründet – eine Kovarianz zwischen den Residuen dieser Variablen spezifiziert. Das Modell weist eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003). Da das eingesetzte Instrument eine binäre Antwortmöglichkeit aufweist (richtig – falsch), wurde eine konfirmatorische Faktorenanalyse für kategoriale Daten durchgeführt.

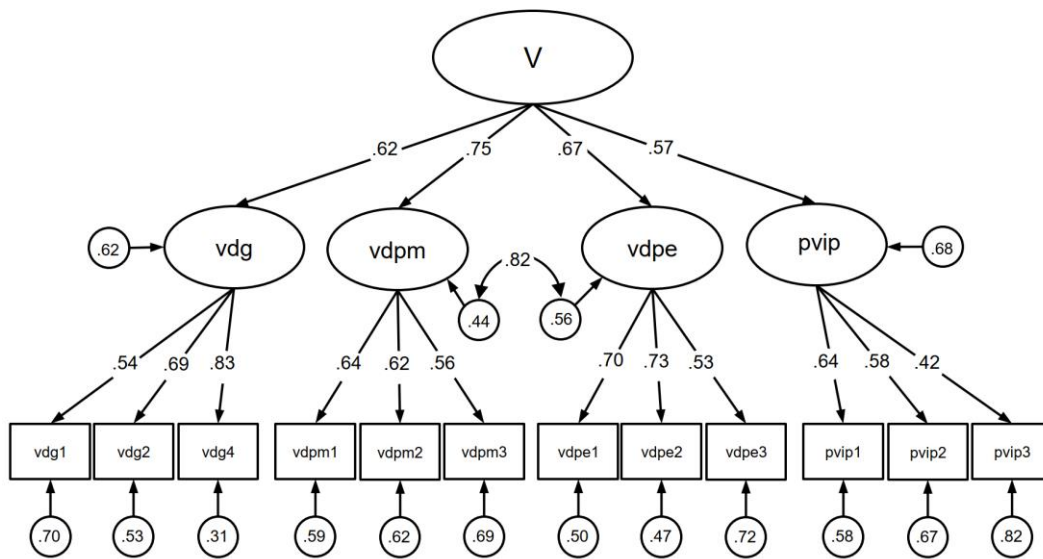


Abbildung 11: Messmodell zum Verständnis der Evolution im Posttest ($N = 333$). Modellfit: $\chi^2(5) = 54.206$, $p = .283$; CFI = .994; TLI = .991; RMSEA = .018; SRMR = .037.

Wie in Tabelle 29 ersichtlich, ist die Messinvarianz zwischen Philosophie- und Biologiegruppe gegeben. Zwischen Prä- und Posttest kann keine Messinvarianz erwartet werden, da die Schüler*innen kaum Vorwissen zur Evolution mitbringen. Die interne Konsistenz der Subdimensionen wurde mithilfe der Kuder-Richardson Formel 20 für binäre Daten berechnet. Drei der vier Subdimensionen weisen zum Zeitpunkt des Posttests eine fragwürdige oder akzeptable Reliabilität auf (vdg: .72; vdpm: .64; vdpe: .69). Die Subskala *pvip* weist einen ungenügenden Wert von .56 auf. Da für die weiteren Berechnungen ausschliesslich die Faktorenwerte oder Mittelwerte der gesamten Skala verwendet werden, wird die Subdimension dennoch im Instrument belassen, um möglichst viele Facetten des Konstrukts abzubilden.

Tabelle 29: *Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Verständnis der Evolution zwischen Philosophie- und Biologiegruppe (Philosophiegruppe: N = 180; Biologiegruppe: N = 153)*

Modell	χ^2	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ (Δdf)	p
Konfigurale Invarianz	104.467	98	.309	.992	.990	.020	.047		
Metrische Invarianz	120.968	109	.204	.986	.983	.026	.061	16.501 (11)	.124
Skalare Invarianz	134.483	120	.173	.983	.981	.027	.063	13.514 (11)	.261

Anmerkung: Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels «Robust Maximum Likelihood» (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

8.2.2 Hoch inferentes Verfahren zur Beurteilung der Qualität der philosophischen Gespräche

Die Beurteilung der Qualität der philosophischen Gespräche erfolgte mithilfe eines hoch inferenten Ratinginstrumentes. Üblicherweise stehen niedrig und hoch inferente Verfahren im Zusammenhang mit Beobachtungen; diese lassen sich jedoch analog für die Beurteilung von Audio-Aufnahmen einsetzen. Hoch inferente Ratings dienen dazu, die Qualität von Unterrichtssequenzen – oder in diesem Fall von Gesprächssequenzen – auf einer Skala einzuschätzen. Dies erfordert einen hohen Grad an Schlussfolgerungen und somit Interpretation. Niedrig inferente Verfahren fokussieren leicht beobachtbares Verhalten oder leicht feststellbare Gesprächsereignisse (Lotz, Gabriel & Lipowsky, 2013). Die Tabelle 30 stellt niedrig und hoch inferente Verfahren vergleichend und auf diese Untersuchung angepasst dar (Lotz et al., 2013).

Tabelle 30: *Niedrig und hoch inferente Verfahren adaptiert nach Lotz et al., 2013*

	Niedrig inferente Verfahren	Hoch inferente Verfahren
Bezeichnung	Kodierung/Kategoriensystem	Rating/Schätzverfahren
Art der Datengewinnung	Erfassen der Häufigkeit und Dauer leicht feststellbarer Gesprächsergebnisse	Schätzverfahren zum Erfassen der Ausprägung eines Merkmals auf einer vorab definierten Skala
Ziel	Erfassung der Schüler*innenbeteiligung	Bewertung der Gesprächsqualität
Analyseeinheit	in der Regel kurze Abschnitte, z.B. 10-Sekunden-Intervalle oder kurze Ereignisse	in der Regel längere Gesprächssequenzen oder ganze Unterrichtsgespräche
Grad der Interpretation	Verfahren orientieren sich fast ausschließlich an direkt feststellbarem, hörbarem Gesprächsverhalten; geringe Spielräume für die Hörer*innen	Verfahren orientieren sich nur teilweise an direkt feststellbarem, hörbarem Verhalten; Schlussfolgerungen der Hörer*innen nötig
Beispiele	Kodierung der Anzahl Sprechakte von Lehrpersonen und Schüler*innen	Einschätzung der Ko-Konstruktion in einem Gespräch

Im ersten Teil des Kapitels wird die Entwicklung sowie der Aufbau des Ratinginstrumentes beschrieben. Im zweiten Teil werden die Kategorien und Indikatoren des Instrumentes vorgestellt und theoretisch fundiert, bevor in einem weiteren Abschnitt die berechnete Intraklassenkorrelation dargestellt wird.

Beurteilung der Qualität der philosophischen Gespräche

Da nicht auf ein etabliertes Erhebungsinstrument zur Beurteilung der Qualität philosophischer Gespräche zurückgegriffen werden konnte, musste ein solches erstellt werden. Das Ratinginstrument wurde in einem iterativen Prozess in Anlehnung an die Analysetechnik der Strukturierung nach Mayring (2015) entwickelt. Diese Form der Inhaltsanalyse hat die Extraktion bestimmter Aspekte aus dem Material aufgrund definierter Kriterien zum Ziel. Genauer handelt es sich um eine skalierende Strukturierung, mit welcher bestimmte Aspekte der philosophischen Gespräche auf einer Ordinalskala eingeschätzt werden können (Mayring, 2015). Ausgangspunkt bildete eine Analyse der Literatur zu philosophischen Gesprächen, aus welcher – einem deduktiven Vorgehen entsprechend – zentrale Qualitätsmerkmale evolvierten. Diese wurden anschliessend zu Dimensionen verdichtet, welche mit Indikatoren operationalisiert wurden. Im Austausch wurden die Dimensionen und Formulierungen geschärft. Anhand eines Beispielgespräches wurden die deduktiv

erarbeiteten Kriterien und Indikatoren überprüft und – gemäss einem induktiven Vorgehen – ergänzt oder umformuliert.

Bei umfassenden Urteilen zur Qualität, welche ein hohes Mass an Schlussfolgerung erfordern, besteht die Gefahr allzu grosser Subjektivität. Die exakte Beschreibung der Dimensionen sowie die Zusammenarbeit der Rater*innen können dieser Problematik entgegenwirken. Der Aufbau des Ratinginstrumentes wurde in Anlehnung an das bei Hugener, Pauli und Klieme (2006) beschriebene Ratingsystem, welche sich dabei an Kunter (2005) orientierten, entwickelt. Dabei wird zuerst die Grundidee jeder Kategorie beschrieben, welche anschliessend mit verhaltensnahen Indikatoren spezifiziert werden. Ein Gesamturteil der Qualität der philosophischen Gespräche kommt aufgrund der Berücksichtigung von mehreren definierten Indikatoren zustande. Dabei können die Häufigkeit, die Intensität sowie die Verteilung des Verhaltens miteinbezogen werden (Hugener et al., 2006). In der Analyse der Audio-Aufnahmen entfällt die letzte Dimension, da die Äusserungen im Gespräch nicht eindeutig bestimmten Personen zugeordnet werden können. Da ein hoch inferentes Rating ein hohes Mass an Interpretation verlangt, müssen Beurteiler*innen mit den Qualitätsmerkmalen von philosophischen Gesprächen vertraut sein. Zusätzliche Bemerkungen weisen in der jeweiligen Kategorie auf spezifischere Beurteilungsregeln hin. Als Analyseeinheit wird ein vollständiges philosophisches Gespräch gewählt, da nur so ein Qualitätsurteil möglich ist. Die vollständige Beschreibung des Instrumentes findet sich im Anhang 3.

Eine Studentin, welche den Studiengang Master Fachdidaktik Natur, Mensch, Gesellschaft und Nachhaltige Entwicklung absolviert und sich in der Thematik des Philosophierens bereits auskannte sowie die Autorin dieser Arbeit, beurteilten die 63 philosophischen Gespräche. Die zusätzliche Raterin machte sich mit den Einführungsmaterialien für die Lehrpersonen des ersten Gespräches sowie dem Ratinginstrument vertraut und diskutierte diese mit der Studienleiterin. Anschliessend wurden gemeinsam verschiedene Gespräche zur ersten philosophischen Frage bewertet, so dass die entstandenen Urteile diskutiert und geklärt werden konnten. Nach dieser Kalibrierungsphase wurden weitere Gespräche zur Berechnung der Interraterreliabilität beurteilt. Da die Übereinstimmung zufriedenstellend war, wurden die restlichen Gespräche separat eingeschätzt. Zur Beurteilung der Gespräche

zur zweiten und dritten philosophischen Frage in der Unterrichtseinheit wurde ebenso verfahren. Insgesamt wurden 27 Gespräche von beiden Raterinnen beurteilt.

Ratinginstrument

Mithilfe des Ratinginstrumentes wird versucht, die Qualität von philosophischen Gesprächen zu erfassen. Diese wird anhand der vier in der Tabelle 31 dargestellten Kategorien *Philosophische Reichhaltigkeit*, *Ko-Konstruktion*, *Fokus* und *Zurückhaltende Gesprächsführung* untersucht. Den Rater*innen steht für die Einschätzung der Indikatoren und Kategorien eine vierstufige Skala zur Verfügung, wobei «1» eine sehr geringe und «4» eine sehr hohe Ausprägung des Merkmals bedeutet.

Tabelle 31: *Die vier Kategorien der Qualität philosophischer Gespräche*

Qualität von philosophischen Gesprächen			
Philosophische Reichhaltigkeit	Ko-Konstruktion	Fokus	Zurückhaltende Gesprächsführung

Eine genaue Beschreibung der Kategorien ist im Anhang 3 dokumentiert. Die Tabelle 32 stellt die Kategorien, Indikatoren und die zugrunde liegende Literatur dar.

Tabelle 32: *Dimensionen und Indikatoren des Ratinginstrumentes zur Beurteilung der Qualität von philosophischen Gesprächen*

Philosophische Reichhaltigkeit	
Begründungen und/oder Beispiele für Meinungen werden geäußert und Wertungen reflektiert.	Brüning, 2003, 2016; Fisher, 2007; Haynes, 2008; Helbling, 2018; Kennedy, 2013; Krüger & Schick, 2012; Martens, 2004, 2010; Michalik, 2008a, 2016
Begriffe, Phänomene und Situationen werden beschrieben und geklärt.	Brüning, 2003, 2004; Cam & Beck, 1996; Helbling, 2018; Krüger & Schick, 2012; Martens, 2004, 2010; Michalik, 2008a, 2016
Ähnlichkeiten, Unterschiede und Zusammenhänge werden formuliert.	Cam & Beck, 1996; de Boer, 2015; Fisher, 2007; Haynes, 2008; Helbling, 2018; Kennedy, 2013; Krüger & Schick, 2012
Hypothesen werden aufgestellt, Folgen abgeschätzt und Spekulationen geäußert.	Brüning, 2003, 2004, 2016; Cam & Beck, 1996; Fisher, 2007; Haynes, 2008; Helbling, 2018; Martens, 2004, 2010, 2012; Michalik, 2008a, 2016
Es werden vielfältige und substanzielle Gedanken geäußert.	Michalik, 2016; Martens, 2004
Ko-Konstruktion	
Aussagen beziehen sich auf vorherige Äußerungen, indem diese wiederholt, umformuliert oder ergänzt werden.	Daniel et al., 2005; Daniel, 2008; Fisher, 2007; Haynes, 2008; Helzel & Michalik, 2015; Kennedy, 2013; Michalik, 2016

Aussagen beziehen sich auf vorherige Äusserungen, indem diese in Frage gestellt und/oder kontrastiert werden.	Daniel et al., 2005; Daniel, 2008; Fisher, 2007; Haynes, 2008; Helzel & Michalik, 2015; Kennedy, 2013; Krüger & Schick, 2012; Michalik, 2016
Unklare Aussagen werden durch (Nach-)Fragen geklärt.	Cam & Beck, 1996; Kennedy, 2013; Michalik, 2016; Zoller, 2015
In den aufeinanderfolgenden Aussagen wird ein Aufbau erkennbar. Aussagen werden nicht primär additiv geäußert.	Daniel, 2008; Michalik, 2004b; Michalik, 2008a; Michalik, 2016; Daniel et al., 2005; Fisher, 2007
Fokus	
Fragen und Äusserungen tragen zur Beantwortung der zugrunde liegenden Fragestellung bei. Das Gespräch schweift inhaltlich nicht ab.	Cam & Beck, 1996; Jackson, 2013; Michalik, 2016; Zoller, 2015
Durch Zusammenfassungen, Überleitungen und Fragen, welche die zugrunde liegende Fragestellung fokussieren, wird ein roter Faden im Gespräch sichtbar.	Brüning, 2003; Cam & Beck, 1996; de Boer, 2015; Krüger & Schick, 2012; Michalik, 2016; Zoller, 2015
Die zugrunde liegende philosophische Frage wird während und/oder am Ende des Gespräches wieder explizit aufgegriffen.	Brüning, 2003; Cam & Beck, 1996; de Boer, 2015; Michalik, 2016
Grundlegende Gesprächsregeln werden eingehalten, so dass das Gespräch nicht gestört oder unterbrochen wird.	Brüning, 2003; Cam & Beck, 1996; Fisher, 2007; Haynes, 2008; Jackson, 2013; Krüger & Schick, 2012; Michalik, 2016
Die Lehrperson erkennt Aussagen mit besonderem Potenzial für die Thematik und vertieft diese mit gezielten Fragen.	Camhy, 2013; Krüger & Schick, 2012; Wartenberg, 2013
Zurückhaltende Gesprächsführung	
Die Lehrperson verzichtet auf die Äusserung von eigenen Meinungen und Wertungen und gibt keine Antworten vor.	Haynes, 2008; Helbling, 2018; Krüger & Schick, 2012; Michalik, 2016; Wartenberg, 2013
Die Lehrperson folgt den Gedankengängen der Schüler*innen und vertieft diese, indem sie ihre Fragen situativ und flexibel adaptiert, statt das Gespräch auf ein bestimmtes Ziel hinzuführen.	de Boer, 2015; Jackson, 2013; Michalik, 2004a, 2016
Die Lehrperson gibt den Schüler*innen Raum, miteinander ins Gespräch zu kommen und nimmt lediglich einen kleinen Redeanteil ein.	de Boer, 2015; Helbling, 2018; Michalik, 2004a, 2016
Die Lehrperson gibt den Schüler*innen Raum, ihre eigenen Gedankengänge zu entfalten, ohne diese allzu schnell aufgrund der Themenfokussierung einzuschränken.	de Boer, 2015; Haynes, 2008; Jackson, 2013; Krüger & Schick, 2012; Michalik, 2004a, 2016

Faktorenanalyse

Um die Faktorenstruktur des neu konstruierten Instrumentes zu eruieren, wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt. Dabei geht es um die Frage, ob die Qualität der philosophischen Gespräche – erfasst mithilfe des Ratinginstrumentes

– ein eindimensionales Konstrukt darstellt. Dazu wurde eine Faktorenanalyse (Maximum-Likelihood) mit obliquer Rotation (oblimin) durchgeführt (Bandalos & Boehm-Kaufmann, 2009; Bühner, 2011; Preacher & MacCallum, 2003; Werner, 2014). Es konnte ein Faktor mit einem Eigenwert > 1 nachgewiesen werden, welcher 43% der Varianz erklärt (vgl. Tabelle 33).

Tabelle 33: *Ergebnis der Maximum-Likelihood-Faktoranalyse mit Oblimin-Rotation zur Erfassung der Dimensionalität der Qualität philosophischer Gespräche*

Item	Faktor
	1
Philosophische Reichhaltigkeit	.86
Ko-Konstruktion	.74
Fokus	.46
Zurückhaltende Gesprächsführung	.45
Eigenwert	1.71
Erklärte Varianz	0.43

Reliabilität

Um die Reliabilität bei intervallskalierten Ratingwerten zu bestimmen, erweist sich die Intraklassenkorrelation (ICC) als adäquate Methode. Diese kann ähnlich interpretiert werden wie das häufig verwendete Korrelationsmass der Produkt-Moment-Korrelation; je mehr sich ein Koeffizient dem Wert 1 annähert, desto höher ist die Reliabilität. Die Intraklassenkorrelation bezieht sich jedoch auf dasselbe Merkmal, für welches mehrere Messwerte vorliegen. Werte von über 0.70 werden in der Regel als Indikator für eine gute Reliabilität betrachtet, wobei die Beurteilung vom erfassten Merkmal und der Stichprobe abhängt. Beide Raterinnen beurteilten unabhängig voneinander 27 der 63 philosophischen Gespräche, so dass ein zweifaktorielles Modell gewählt wurde. Die Werte wurden also mithilfe einer zweifaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet. Das Ziel des Ratings bestand in einer möglichst hohen Übereinstimmung, weshalb ein unjustierter ICC-Wert berechnet wurde (Wirtz & Caspar, 2002). Der ICC-Wert für die Beurteilung der Qualität der philosophischen Gespräche insgesamt liegt bei 0.903 (Konfidenzintervall: $0.800 < ICC < 0.954$), was von einer hohen Übereinstimmung zeugt. Werden jedoch die einzelnen Kategorien separat betrachtet, ergeben sich tiefere Werte. Für die Kategorie *Philosophische Reichhaltigkeit* liegt dieser bei 0.705 (Konfidenzintervall:

0.455 < ICC > 0.853), für die Kategorie *Ko-Konstruktion* bei 0.849 (Konfidenzintervall: 0.697 < ICC > 0.928), für die Kategorie *Fokus* bei 0.662 (Konfidenzintervall: 0.379 < ICC > 0.831) und für die Kategorie *Zurückhaltende Gesprächsführung* bei 0.851 (Konfidenzintervall: 0.701 < ICC > 0.929). Insbesondere die Übereinstimmung in der Kategorie *Fokus* erweist sich als unbefriedigend. Da für die weiteren Berechnungen jedoch die Qualität der philosophischen Gespräche insgesamt berücksichtigt wird, kann die Interraterreliabilität als gut bezeichnet werden.

8.3 Datenanalyse und Auswertung

In dieser Arbeit stellte sich die Frage, ob einerseits eine hierarchische oder nicht hierarchische Herangehensweise und andererseits ein latenter oder nicht latenter Ansatz verfolgt werden sollte. Diese zwei Fragen sollen einleitend adressiert werden, bevor anschliessend einzelne statistische Verfahren beleuchtet werden. Alle statistischen Analysen wurden mit dem Statistikprogramm R und RStudio durchgeführt. R ist eine freie Software, welche die Datenbearbeitung, die Datenberechnung und die Datendarstellung ermöglicht (The R Foundation, 2021).

In Sozialwissenschaften interessieren in der Regel latente Konstrukte, welche nicht direkt beobachtbar sind und somit mithilfe von manifesten Indikatoren operationalisiert werden müssen. Die Stärke von Strukturgleichungsmodellen und somit einer latenten Herangehensweise liegt darin, dass diese bei der Schätzung von Beziehungen zwischen Konstrukten fehlerbereinigte Schätzwerte liefern kann (Urban & Mayerl, 2014). Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit, das Messmodell selbst – also die gewählte Operationalisierung – zu spezifizieren und zu testen. In dieser Untersuchung sind diese zwei Aspekte von besonderer Bedeutung, da einige Fragebogeninstrumente adaptiert und neu zusammengestellt werden mussten. Folglich wird die latente Struktur der Daten in der vorliegenden Studie berücksichtigt.

Eine weitere grundsätzliche Vorüberlegung betrifft die Berücksichtigung der hierarchischen Struktur, welche Daten in Sozialwissenschaften häufig aufweisen. So werden in diesem Forschungsvorhaben Schüler*innen untersucht, welche bestimmten Klassen zugeordnet werden können. Aufgrund dieser Clusterung der Daten wird die Unabhängigkeitsannahme, welche regulären statistischen Verfahren zugrunde liegt, verletzt, was zu einer fehlerhaften, meist zu kleinen Schätzung von Standardfehlern führen kann (Hox, 2010). Eine mehrebenenanalytische Betrachtung kann

als notwendig erachtet werden, wenn ein relevanter Teil der Varianz der abhängigen Variablen auf Unterschiede auf der höheren Ebene – in unserem Fall die Klasse – zurückzuführen ist oder wenn es das theoretische Forschungsinteresse verlangt. Die Bedeutung der Klassenzugehörigkeit kann mithilfe der zwei Hauptformen der Intraklassenkorrelation (Intraclass Correlation Coefficient - ICC) statistisch beschrieben und berechnet werden, dem ICC(1) sowie dem ICC(2). Beide Werte werden aus einer einfaktoriellen ANOVA mit zufälligen Effekten berechnet, bei welcher die in der Untersuchung fokussierte Variable die abhängige Variable und die Gruppenzugehörigkeit die unabhängige Variable bildet. Der ICC(1)-Wert beschreibt denjenigen Anteil der Gesamtvarianz, der durch die Klassenzugehörigkeit erklärt werden kann; der ICC(2)-Wert widerspiegelt die Reliabilität der Mittelwerte in den Gruppen. Höhere Werte des ICC(1) und des ICC(2) verweisen demnach auf eine grössere Relevanz der hierarchischen Struktur (Bliese, 2000, 2016). Es existiert keine Einigkeit darüber, bei welchen Werten eine Mehrebenenanalyse zu empfehlen ist (Jäckle, 2015). Je nach Forschungskontext finden sich beim ICC(1) Richtwerte von 0.05 bis 0.30. Hox (2010) bezeichnet in allgemeinen Fällen einen Wert von .05 als kleinen, einen Wert von .10 als mittleren und einen Wert von .15 als grossen Effekt. Der ICC(2) kann wie jedes andere Reliabilitätsmass interpretiert werden: Werte über .70 zeigen eine hohe Homogenität innerhalb der Gruppen, Werte zwischen .50 und .70 implizieren eine marginale und Werte unter .50 eine geringe Reliabilität (Klein et al., 2000).

Um die Relevanz der Klassenzugehörigkeit zu eruieren, wurde die Intraklassenkorrelation für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution berechnet. Die Akzeptanz zum Zeitpunkt des Posttests hängt signifikant von der Klassenzugehörigkeit ab ($ICC(1) = .09$, $F(20, 309) = 2.594$, $p < .001$) und die Klassen lassen sich im Hinblick auf ihre Mittelwerte unterscheiden ($ICC(2) = .61$). Wird die Veränderung zwischen Prä- und Posttest fokussiert, zeigen sich leicht veränderte Werte ($ICC(1) = .09$, $F(20, 610) = 3.921$, $p < .001$, $ICC(2) = .75$). Das Verständnis zum Zeitpunkt des Posttest hängt ebenfalls signifikant von der Klassenzugehörigkeit ab ($ICC(1) = .19$, $F(20, 309) = 4.583$, $p < .001$); die Klassen weisen eine recht hohe Homogenität auf ($ICC(2) = .78$). Wird die Veränderung zwischen den zwei Zeitpunkten betrachtet, nimmt die Bedeutung der Klassenzugehörigkeit etwas ab ($ICC(1) = .11$, $F(20, 610) = 4.762$, $p < .001$, $ICC(2) = .79$).

Die dargestellten Werte legen eine Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur nahe. Folglich wurde der Versuch unternommen, Strukturgleichungsmodelle zu erstellen und die Clusterung der Daten mithilfe des R package *lavaan.survey* miteinzubeziehen (Oberski, 2014). Aufgrund der fehlenden Daten musste zuerst eine Imputation mithilfe des R package *mice* durchgeführt werden (van Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2011). Die zu kleine Stichprobe führte jedoch dazu, dass keine reliablen Standardfehler berechnet werden konnten. Die Kombination einer latenten und hierarchischen Herangehensweise war folglich aufgrund der Stichprobengröße und der Komplexität der Modelle nicht möglich. Die mit dem R package *lavaan.survey* berechneten Modelle werden dennoch als Ergänzung im Anhang 4 dargestellt.

Der Vorteil des vorliegenden Studiendesigns liegt darin, dass jede Klasse in eine Philosophie- und Biologiekategorie unterteilt wurde. So wirken sich klassenspezifische Einflüsse, beispielsweise das Verhalten einer bestimmten Lehrperson, auf beide Interventionsgruppen im selben Masse aus. Um beurteilen zu können, inwieweit die Klassenzugehörigkeit dennoch die Resultate beeinflusst, wurden für die erste Forschungsfrage zusätzlich Mehrebenen-Regressionsmodelle erstellt, welche ebenfalls berichtet werden. Dabei zeigte sich, dass die Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur keinen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse ausübt. Zur weiteren Kontrolle wurden auch bei den Forschungsfragen drei und vier Mehrebenen-Regressionsanalysen durchgeführt, welche die Ergebnisse der Latent Change Score Modelle bestätigten – jedoch nicht präsentiert werden.

Die Resultate der Wartekontrollgruppe wurden lediglich deskriptiv ausgewertet. Dabei konnte sowohl bei der Akzeptanz und dem Verständnis der Evolution als auch bei den epistemologischen Überzeugungen keine Zunahme festgestellt werden, so dass keine inferenzstatistischen Analysen getätigt wurden. Die Ergebnisse des Follow-up-Test wurden ebenfalls nur deskriptiv berücksichtigt. Einerseits interessierten primär die sofortigen Effekte der Intervention, andererseits wird die Vergleichbarkeit der Klassen durch stark unterschiedliche Zeitabstände zur Intervention sowie eine fehlende Messinvarianz bei der Skala der Akzeptanz der Evolution erschwert.

In den folgenden Kapiteln werden nun die verschiedenen statistischen Verfahren, welche zur Beantwortung der Fragestellungen eingesetzt wurden, erläutert. Dazu gehören t-Tests für abhängige Stichproben, explorative Faktorenanalysen, konfirmatorische Faktorenanalysen, Strukturgleichungsmodelle, Latent Change Score Modelle sowie Mehrebenen-Regressionsmodelle.

8.3.1 t-Test für abhängige Stichproben

Mithilfe von t-Tests für abhängige Stichproben wird untersucht, ob sich Mittelwerte zweier abhängiger Stichproben signifikant unterscheiden. In der vorliegenden Untersuchung führt die Wiederholung von Messungen zu einer solchen Abhängigkeit. Voraussetzung für einen solchen Test sind – neben dem Vorhandensein zwei verbundener Stichproben – metrische Variablen sowie eine Normalverteilung der Differenz der gepaarten Werte. Eine ungerichtete Hypothese wird dabei mit einem zweiseitigen Signifikanztest, eine gerichtete Hypothese mit einem einseitigen Signifikanztest getestet (Bortz & Schuster, 2016). Die Effektstärke bei t-Tests kann mit Cohens's d berechnet werden. Werte ab 0.20 gelten als schwache, Werte ab 0.40 als mittlere und solche ab 0.80 als starke Effekte (Cohen, 1992). Die Berechnungen wurden mithilfe der R packages *stats* und *lsr* durchgeführt (Navarro, 2015).

8.3.2 Explorative Faktorenanalyse

Zur Überprüfung der Erhebungsinstrumente und Erstellung von Messmodellen wurden in dieser Arbeit in der Regel konfirmatorische Faktorenanalysen (CFA) verwendet, da Instrumente übernommen oder adaptiert und in Strukturgleichungsmodellen eingesetzt wurden. Die Analyse der Faktorenstruktur des Ratinginstrumentes wurde jedoch mit einer explorativen Faktorenanalyse (EFA) durchgeführt, da das Instrument im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurde. Durch explorative Faktorenanalysen findet eine Systematisierung der Zusammenhänge der Variablen statt, da diese aufgrund ihrer korrelativen Beziehungen gruppiert werden. Durch diese Datenreduktion wird die Dimensionalität eines Konstruktes sichtbar und eine grössere Anzahl von Variablen wird durch wenige voneinander unabhängige Faktoren ersetzt (Wolff & Bacher, 2010). Im Gegensatz zur konfirmatorischen Faktorenanalyse handelt es sich um ein hypothesengenerierendes Verfahren (Bortz &

Schuster, 2016; Hatzinger & Nagel, 2013). In der Untersuchung wurde eine Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse mit Oblimin-Rotation durchgeführt (Bühner, 2011). Diese wurde mit dem R package *psych* berechnet (Revelle, 2021).

8.3.3 Konfirmatorische Faktorenanalyse und Strukturgleichungsmodelle

Im Gegensatz zur EFA erfordert die Durchführung einer CFA spezifische Hypothesen, da diese zum Ziel hat, theoretisch oder empirisch gut fundierte Modelle zu testen und zu vergleichen. Die Beziehungen zwischen manifesten und latenten Variablen werden dazu in einem Messmodell spezifiziert. Dabei wird überprüft, inwieweit eine Passung zwischen der empirischen Kovarianzmatrix und der vom Modell vorhergesagten Parameter besteht. Die Beziehungen zwischen latenten Variablen werden in einem Strukturgleichungsmodell definiert, welches somit als Verbindung von Pfadanalyse und CFA gelten kann (Bühner, 2011). Zur Beurteilung der Modellgüte existieren verschiedene Tests und Fit-Indizes. In dieser Arbeit werden jeweils der χ^2 -Anpassungstest, der RMSEA, der SRMR, der CFI sowie der TLI berichtet (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die Modelle wurden mit dem R package *lavaan* (Rosseel, 2021) erstellt und geschätzt. Aufgrund der fehlenden multivariaten Normalverteilung der Daten wurde zur Parameterschätzung ein robustes Verfahren basierend auf der Maximum-Likelihood-Methode (MLR) eingesetzt.

Da zwei Gruppen – Philosophie- und Biologiegruppe – über verschiedene Zeitpunkte hinweg untersucht werden, wurden die verschiedenen Konstrukte auf Messinvarianz überprüft (vgl. Kapitel 8.2.1). Dabei wird analysiert, ob die Struktur von Erhebungsinstrumenten in verschiedenen Gruppen und zu verschiedenen Zeitpunkten identisch ist, da andernfalls Verzerrungen in den Ergebnissen auftreten können (Schwab & Helm, 2015). Es wird zwischen konfiguraler, metrischer, skalarer und strikter Invarianz unterschieden, wobei in der Regel nur die ersten drei Formen berücksichtigt werden. Konfigurale Invarianz liegt vor, wenn ein Instrument in verschiedenen Gruppen oder zu verschiedenen Zeitpunkten eine äquivalente Faktorenstruktur aufweist. Bei der restriktiveren metrischen Invarianz werden zusätzlich die Faktorladungen der einzelnen Items gleichgesetzt. Ist diese gegeben, kann angenommen werden, dass Konstrukte über Gruppen oder Zeitpunkte hinweg eine gleiche inhaltliche Bedeutung aufweisen. Die skalare Invarianz setzt schliesslich vo-

raus, dass – neben den bisher genannten Bedingungen – auch die Intercepts in verschiedenen Gruppen oder über verschiedene Zeitpunkte hinweg identisch sind. Die strikte Invarianz überprüft, ob zusätzlich eine Gleichheit der Messfehler vorliegt (Putnick & Bornstein, 2016; Schwab & Helm, 2015; Vandenberg & Lance, 2000). Es kann vorkommen, dass sich einzelne Intercepts oder Items in verschiedenen Gruppen oder zu verschiedenen Zeitpunkten unterscheiden, so dass eine partielle Invarianz modelliert werden muss. Dabei können einzelne Items oder Intercepts frei geschätzt werden. Es wird davon ausgegangen, dass Vergleiche sinnvoll sind, wenn mindestens zwei Parameter eines Konstruktes Invarianz aufweisen (Rudnev et al., 2018; Steinmetz et al., 2009). In den Mehrgruppenvergleichen sowie in den Latent Change Score Modellen in dieser Arbeit wurde eine (partielle) metrische Invarianz vorausgesetzt, um eine Vergleichbarkeit der Gruppen über die Zeitpunkte hinweg zu gewährleisten.

8.3.4 Latent Change Score Modelle (LCSM)

Latent Change Score Modelle können Veränderungen von Daten unter Verwendung von Techniken der Strukturgleichungsmodellierung darstellen. Kern bildet dabei die Definition einer latenten Variablen, welche die Veränderung eines Konstruktes repräsentiert (McArdle & Grimm, 2010). In der vorliegenden Untersuchung wurden univariate und bivariate Latent Change Score Modelle eingesetzt. Abbildung 12 stellt ein bivariates LCSM mit mehreren Indikatoren beispielhaft dar (Ghisletta & McArdle, 2012; Howardson, Karim & Horn, 2017; Kievit et al., 2018). Die Veränderung der Variable X (ΔX) ergibt sich aus der Differenz zwischen der Variable X zum Zeitpunkt 2 (X_2) und der Variable X zum Zeitpunkt 1 (X_1). Dies kann modelliert werden, indem die Veränderung der latenten Variable X (ΔX) durch die entsprechende Variable zum Zeitpunkt 2 (X_2) gemessen und die Faktorladung dabei auf 1 fixiert wird. Zugleich wird eine Regression von X_2 auf X_1 spezifiziert, deren Faktorladung ebenfalls auf 1 festgelegt wird. Weiter werden die Intercepts von X_1 und X_2 sowie die Varianz von X_2 auf null gesetzt. Zur Eruiierung der Veränderung der Variable Y (ΔY) wird analog vorgegangen. Nun kann durch die Modellierung einer weiteren Regression der Einfluss der Veränderung von X (ΔX) auf die Veränderung von Y (ΔY) ermittelt werden (β_4). Auch der Effekt der Variablen zum Zeitpunkt 1 auf die Veränderung kann untersucht werden (β_1 , β_2).

Besteht aus theoretischer Sicht Anlass dazu, kann der Zusammenhang der beiden Variablen zum Zeitpunkt 1 berücksichtigt werden (β_3).

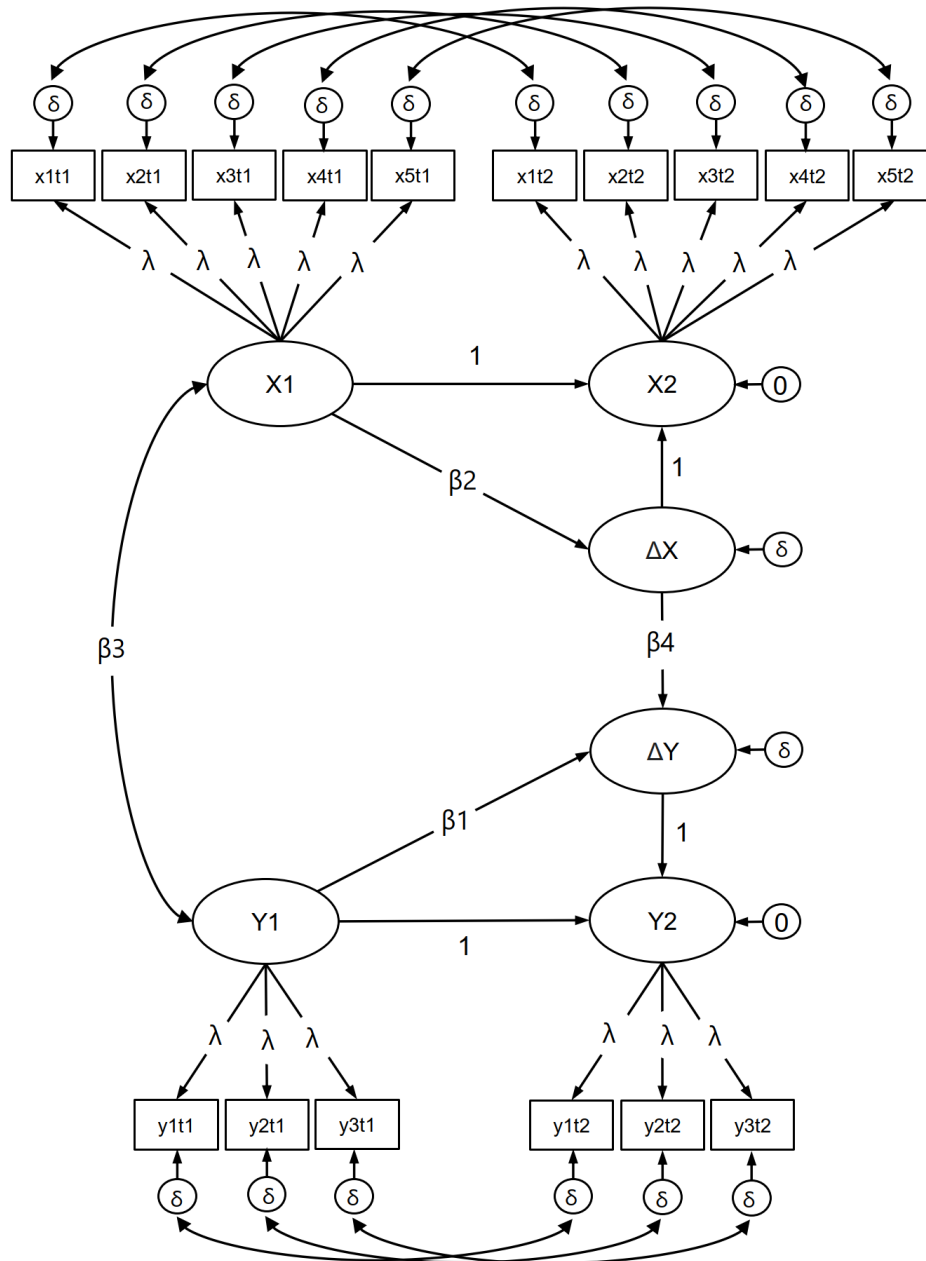


Abbildung 12: Beispiel eines bivariaten Latent Change Score Modells mit mehreren Indikatoren (Grossbuchstaben: latente Variablen, Kleinbuchstaben: manifeste Variablen, β und λ : Beziehungen zwischen Variablen, δ : Fehlerterme).

Da in den LCSM der robuste Schätzer MLR nicht eingesetzt werden konnte, wurden die Standardfehler mithilfe von Bootstrapping mit einer Ziehung von 1000 Stichproben berechnet.

8.3.5 Mehrebenen-Regressionsmodelle

Wie bereits einleitend erwähnt, führt die Verletzung der Unabhängigkeitsannahme bei hierarchischen Daten zu einer fehlerhaften Schätzung der Standardfehler. In einer Mehrebenen-Regression (*multilevel regression*) wird die Clusterung der Daten berücksichtigt (Hox, 2010). Es existieren zwei verschiedene Arten von Modellen: das Random Intercept-Modell und das Random Slope-Modell. Im Random Intercept-Modell variiert der Intercept, der Steigungskoeffizient ist in allen Gruppen identisch; das Random Slope-Modell erlaubt sowohl unterschiedliche Intercepts als auch Steigungskoeffizienten (Hadler, 2004). Für die Analysen wurde das R package *lme4* (Bates, Maechler & Walker, 2015) eingesetzt. Es wurden Random Intercept-Modelle spezifiziert, welche die Klassenzugehörigkeit für die Schätzung der Standardfehler berücksichtigen. Berichtet werden in dieser Arbeit lediglich die fixen Effekte (*fixed effects*) und keine zufälligen Effekte (*random effects*), da die Fragestellungen die Zusammenhänge bei Schüler*innen fokussieren. Das marginale R-Quadrat stellt ein statistischer Kennwert dar, welcher die durch die festen Effekte erklärte Varianz beschreibt (Bartoń, 2020).

9 Ergebnisse

Die Darstellung deskriptiver Analysen zu Beginn des Kapitels ermöglicht eine Übersicht zu den untersuchten Konstrukten und Stichproben. Dabei werden zunächst die Mittelwerte und Standardabweichungen der verschiedenen Skalen sowie bivariate Korrelationen im Schüler*innenfragebogen präsentiert. Anschliessend folgt eine Übersicht zu den beteiligten Lehrpersonen sowie den wichtigsten Ergebnissen zur Qualität der philosophischen Gespräche. Die Ergebnisse der inferenzstatistischen Analysen werden entlang der formulierten Fragestellungen präsentiert. Um eine bessere Einordnung der Resultate zu ermöglichen, wird vorgängig der Einfluss der Intervention untersucht.

9.1 Deskriptive Statistik und Korrelationen

In der deskriptiven Darstellung werden reguläre Mittelwerte und keine Faktorenwerte der latenten Konstrukte verwendet, so dass Abweichungen möglich sind, welche sich auf die weiterführenden Berechnungen auswirken können.

9.1.1 Schüler*innen

9.1.1.1 Religiosität

Die Tabelle 34 stellt den Mittelwert sowie die Standardabweichung der Religiositätsskala dar, in welcher Lernende fünf Items auf einer Skala von 1 bis 5 beurteilten. Die gesamte Stichprobe erweist sich als wenig religiös, wobei die Biologie- und die Wartekontrollgruppe etwas höhere Werte zeigen.

Tabelle 34: *Religiosität nach Stichprobe*

Stichprobe	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Philosophiegruppe	171	2.30	0.87
Biologiegruppe	141	2.45	0.93
Wartekontrollgruppe	80	2.47	1.09

9.1.1.2 Schulische Leistungsfähigkeit

Die schulische Leistungsfähigkeit wurde mithilfe des Stellwerttests im Fach Mathematik erfasst, welcher eine Punkteskala von 200-800 Punkte aufweist. Die Schüler*innen der Wartekontrollgruppe sind schulisch am stärksten und schneiden im

Test überdurchschnittlich ab, wie dies in der Tabelle 35 ersichtlich ist. Die Lernenden der Philosophiegruppe zeigen etwas höhere Werte als die Proband*innen der Biologiegruppe. Die Anzahl der Schüler*innen ist deutlich geringer als in der Gesamtstichprobe, da in der zweiten Sekundarschule die Stellwerttests aufgrund der Covid-19 Pandemie im Schuljahr 2019/2020 nicht durchgeführt wurden.

Tabelle 35: *Ergebnisse des Stellwerttests nach Stichprobe*

Stichprobe	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Philosophiegruppe	126	508.14	113.41
Biologiegruppe	92	488.09	100.06
Wartekontrollgruppe	20	559.90	129.88

9.1.1.3 Akzeptanz der Evolution

Die Akzeptanz der Evolution konnte mithilfe von sechs Items zu drei Zeitpunkten auf einer Skala von 1-5 eingeschätzt werden. Die Tabelle 36 legt dar, dass sowohl Ausgangspunkt als auch Zuwachs in Philosophie- und Biologiegruppe nahezu identisch sind. Die Daten des Follow-up Tests können nicht eindeutig interpretiert werden, da in diesem Instrument für den dritten Zeitpunkt keine Messinvarianz gegeben war. Die Wartekontrollgruppe zeigt zu Beginn höhere Werte, verzeichnet jedoch keinen Zuwachs, sondern eine Abnahme.

Tabelle 36: *Akzeptanz der Evolution nach Stichprobe und Zeitpunkt*

Stichprobe	Zeitpunkt	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Philosophiegruppe	Prä	171	3.72	0.61
	Post	186	3.92	0.65
	Follow-up	167	3.89	0.62
Biologiegruppe	Prä	141	3.69	0.67
	Post	158	3.95	0.65
	Follow-up	140	3.75	0.65
Wartekontrollgruppe	Prä	80	3.82	0.69
	Post	98	3.61	0.80
	Follow-up	76	3.75	0.65

Die Tabelle 37 stellt die Akzeptanz der Evolution der gesamten Stichprobe nach Religionszugehörigkeit in Form der Mittelwerte dar. Muslim*innen sowie Personen, welche sich anderen, nicht christlichen und nicht muslimischen Religionsgemeinschaften zugehörig fühlen, weisen die tiefsten Anfangswerte, aber auch den höchsten Zuwachs im Posttest auf. Schüler*innen, welche sich keiner Konfession zuordnen, zeigen die höchste Akzeptanz.

Tabelle 37: Akzeptanz der Evolution nach Religionszugehörigkeit

Zeitpunkt	christlich (N = 285)	muslimisch (N = 31)	andere (N = 15)	keine (N = 61)
Prä	3.73	3.54	3.50	3.88
Post	3.89	3.76	3.78	4.01
Follow-up	3.83	3.72	3.42	3.92

9.1.1.4 Positionen zwischen Schöpfung und Evolution

Die Akzeptanz der Evolution wurde mithilfe eines zweiten Instrumentes erfasst, in welchem Schüler*innen sich für eine Position zwischen Schöpfung und Evolution entscheiden mussten (1-8)². Die Lernenden konnten jedoch auch die Antwort «Ich weiss nicht» wählen (9). Die Positionen 5-8 können als Akzeptanz der Evolution, die Positionen 1-4 als fehlende Akzeptanz interpretiert werden. Die Akzeptanz der Evolution ist in der Philosophiegruppe etwas höher als in der Biologiegruppe und steigt im Post- und Follow-up Test etwas stärker an. Die Tabelle 38 zeigt weiter, dass die *agnostische Evolution* im Posttest in beiden Gruppen häufiger gewählt wird. Die *atheistische Evolution* erfährt im Posttest eine Zunahme in der Biologiegruppe und eine leichte Abnahme in der Philosophiegruppe.

² Die Namen der acht Positionen entstammen dem ursprünglichen Erhebungsinstrument von Yasri und Mancy (2016).

Tabelle 38: *Relative Häufigkeit der Positionen zwischen Schöpfung und Evolution nach Stichprobe und Zeitpunkt in Prozent*

Stichprobe	Zeitpunkt	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Akzeptanz (+)	Akzeptanz (-)
Philosophiegruppe	Prä	171	4.09	0.58	1.75	7.02	7.60	7.02	33.33	22.22	16.37	70.18	13.45
	Post	186	3.76	1.08	3.23	3.76	10.75	9.68	37.10	19.35	11.29	76.88	11.83
	Follow-up	167	1.80	1.80	4.79	5.99	14.97	10.78	38.92	14.97	5.99	79.64	14.37
Biologiegruppe	Prä	141	4.26	2.84	1.42	11.35	9.93	15.60	23.40	15.60	15.60	64.54	19.86
	Post	158	4.43	1.90	5.06	6.96	10.76	10.76	26.58	20.25	13.29	68.35	18.35
	Follow-up	140	3.57	3.57	7.14	6.43	10.71	15.71	24.29	16.43	12.14	67.14	20.71
Wartekontroll- gruppe	Prä	80	8.75	2.50	6.25	3.75	7.50	5.00	23.75	27.50	15.00	63.75	20.41
	Post	98	8.16	4.08	2.04	6.12	7.14	10.20	32.65	16.33	13.27	66.33	20.41
	Follow-up	76	7.89	1.32	3.95	2.63	11.84	15.79	26.32	13.16	17.11	67.11	15.79

Anmerkung: (1) Wörtlicher Kreationismus, (2) Höhere Gattungen erschaffen, (3) Nur Menschen erschaffen, (4) Progressive Schöpfung, (5) Theistische Evolution, (6) Deistische Evolution, (7) Agnostische Evolution, (8) Atheistische Evolution, (9) Ich weiss nicht.

9.1.1.5 *Verständnis der Evolution*

Das Verständnis der Evolution wurde zu drei Zeitpunkten mithilfe von 12 Single Choice Fragen erfasst. Die Ergebnisse in Philosophie- und Biologiegruppe sind in Prä- und Posttest identisch, wie dies in Tabelle 39 sichtbar wird. Während in der Biologiegruppe eine kleine Abnahme im Follow-up Test festzustellen ist, nimmt der Wert in der Philosophiegruppe minimal zu. Die Ergebnisse der Wartekontrollgruppe zeigen keine Veränderung über die drei Zeitpunkte hinweg.

Tabelle 39: *Verständnis der Evolution nach Stichprobe und Zeitpunkt*

Stichprobe	Zeitpunkt	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Philosophiegruppe	Prä	171	0.39	0.18
	Post	186	0.60	0.27
	Follow-up	167	0.61	0.26
Biologiegruppe	Prä	141	0.39	0.17
	Post	158	0.60	0.25
	Follow-up	140	0.58	0.25
Wartekontrollgruppe	Prä	80	0.37	0.15
	Post	95	0.37	0.16
	Follow-up	74	0.37	0.15

9.1.1.6 *Epistemologische Überzeugungen*

Skala Entwicklung des Wissens

Die Tabelle 40 zeigt, dass die Philosophiegruppe in der Skala Entwicklung des Wissens einen höheren Anfangswert aufweist als die Biologiegruppe und eine etwas grössere und nachhaltigere Zunahme erfährt. Die Werte in der Wartekontrollgruppe sind zum ersten Zeitpunkt hoch, nehmen jedoch anschliessend ab.

Tabelle 40: *Entwicklung des Wissens nach Stichprobe und Zeitpunkt*

Stichprobe	Zeitpunkt	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Philosophiegruppe	Prä	171	3.96	0.65
	Post	186	4.08	0.66
	Follow-up	167	4.05	0.75
Biologiegruppe	Prä	141	3.78	0.61
	Post	158	3.85	0.73
	Follow-up	140	3.78	0.81
Wartekontrollgruppe	Prä	80	3.98	0.74
	Post	98	3.78	0.81
	Follow-up	76	3.78	0.81

Skala Sicherheit des Wissens

In der Skala Sicherheit des Wissens startet die Biologiegruppe mit einem tieferen Wert als die Philosophiegruppe, zeigt jedoch einen deutlich höheren Anstieg. Die Tabelle 41 zeigt weiter, dass die Werte der Wartekontrollgruppe sich nur minimal über die drei Zeitpunkte hinweg verändern.

Tabelle 41: *Sicherheit des Wissens nach Stichprobe und Zeitpunkt*

Stichprobe	Zeitpunkt	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Philosophiegruppe	Prä	171	3.75	0.61
	Post	186	3.94	0.67
	Follow-up	167	3.98	0.71
Biologiegruppe	Prä	141	3.60	0.56
	Post	158	3.93	0.69
	Follow-up	140	3.93	0.64
Wartekontrollgruppe	Prä	80	3.82	0.60
	Post	98	3.79	0.66
	Follow-up	76	3.79	0.72

9.1.1.7 *Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft*

Die Schüler*innen konnten sich zu drei Zeitpunkte zu ihrer Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft äussern. In der Kontroll- und Philosophiegruppe bleibt die Zahl derjenigen Schüler*innen, welche einen Konflikt wahrnehmen und ausschliesslich naturwissenschaftliches Wissen als sicher erachten, beinahe konstant zwischen Prä- und Posttest. In beiden Gruppen findet die Auswahlmöglichkeit 2 weniger und die Auswahlmöglichkeit 4 eine höhere Zustimmung nach der Unterrichtseinheit. Die Tabelle 42 legt weiter dar, dass sich die Zustimmungswerte zum Zeitpunkt des Follow-up Tests in der Philosophiegruppe noch einmal stärker verändern, während diese in der Biologiegruppe weniger starke Schwankungen aufweisen.

Tabelle 42: *Relative Häufigkeiten zur Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft nach Stichprobe und Zeitpunkt in Prozent*

Stichprobe	Zeitpunkt	<i>N</i>	1	2	3	4
Philosophie- gruppe	Prä	171	33.33	4.68	21.64	40.35
	Post	186	32.26	2.69	12.90	52.15
	Follow-up	167	37.72	7.19	15.57	39.52
Biologiegruppe	Prä	141	31.21	9.22	20.57	39.01
	Post	158	31.65	3.80	22.15	42.41
	Follow-up	140	27.14	7.14	24.29	41.43
Wartekontroll- gruppe	Prä	80	25.00	8.75	25.00	41.25
	Post	98	20.41	11.22	29.59	38.78
	Follow-up	76	21.05	5.26	35.53	38.16

Anmerkung: (1) Konflikt: Naturwissenschaft bietet sicheres Wissen, (2) Konflikt: Religion bietet sicheres Wissen, (3) Kein Konflikt: klare Abgrenzung beider Bereiche, (4) Kein Konflikt: Ergänzung der beiden Bereiche.

9.1.1.8 *Bivariate Korrelationen*

Die Tabellen 43, 44 und 45 zeigen die Korrelationen aller erfassten Skalen im Schüler*innenfragebogen zu den drei unterschiedlichen Zeitpunkten in der Philosophiegruppe, der Biologiegruppe und der Wartekontrollgruppe.

Philosophiegruppe

Tabelle 43: Korrelationen der Skalen in der Philosophiegruppe

Variable	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Akzeptanz Prä (1)	.47***	.44***	.20**	.29***	.16	.10	-.07	.06	-.11	.10	.15	-.20**	.28**
Akzeptanz Post (2)		.50***	.19*	.22**	.39***	.07	.06	.08	.14	.23**	.20*	-.21**	.29**
Akzeptanz Follow-up (3)			.23**	.32***	.40***	.24**	.21**	.28***	.14	.23**	.28***	-.13	.42***
Entwicklung d. W. Prä (4)				.54***	.38***	.23**	.28***	.24**	.05	.24**	.22**	.00	.08
Entwicklung d. W. Post (5)					.51***	.22**	.41***	.25**	.10	.27***	.28***	-.02	.21*
Entwicklung d. W. Follow-up (6)						.17*	.35***	.47***	.06	.27***	.28***	-.04	.28**
Sicherheit d. W. Prä (7)							.55***	.44***	.12	.15*	.12	.10	.25**
Sicherheit d. W. Post (8)								.45***	.08	.17*	.20*	.08	.21*
Sicherheit d. W. Follow-up (9)									.01	.24**	.32***	.06	.19*
Verständnis Prä (10)										.45***	.33***	.00	.22*
Verständnis Post (11)											.67***	-.10	.31***
Verständnis Follow-up (12)												-.16	.29**
Religiosität (13)													-.14
Schulische Leistungsfähigkeit (14)													

Bemerkung: * $p \leq .01$, ** $p \leq .001$, *** $p \leq .001$; $N = 114-186$

BiologiegruppeTabelle 44: *Korrelationen der Skalen in der Biologiegruppe*

Variable	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Akzeptanz Prä (1)	.41***	.45***	.29***	.31***	.33***	.18*	.21*	.18*	.12	.22**	.30***	-.15	.32**
Akzeptanz Post (2)		.58***	.16	.52***	.44***	.12	.39***	.27**	.07	.46***	.37***	-.07	.32**
Akzeptanz Follow-up (3)			.12	.40***	.59***	.20*	.35***	.37***	.13	.32***	.36***	-.09	.42***
Entwicklung d. W. Prä (4)				.39***	.31***	.23**	.24**	.32***	.11	.21*	.23**	-.05	.23*
Entwicklung d. W. Post (5)					.52***	.22*	.48***	.35***	.22**	.51***	.33***	-.07	.36***
Entwicklung d. W. Follow-up (6)						.29***	.41***	.35***	.11	.33***	.37***	-.03	.32**
Sicherheit d. W. Prä (7)							.44***	.29***	.11	.19*	.23**	-.02	.32**
Sicherheit d. W. Post (8)								.43***	.21*	.42***	.32***	-.07	.36***
Sicherheit d. W. Follow-up (9)									.04	.22**	.28***	-.10	.19
Verständnis Prä (10)										.30***	.34***	-.09	-.17
Verständnis Post (11)											.72***	-.10	.41***
Verständnis Follow-up (12)												-.14	.37***
Religiosität (13)													-.14
Schulische Leistungsfähigkeit (14)													

Bemerkung: * $p \leq .01$, ** $p \leq .001$, *** $p \leq .001$; $N = 81-158$

Wartekontrollgruppe

Tabelle 45: Korrelationen der Skalen in der Wartekontrollgruppe

Variable	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Akzeptanz Prä (1)	.64***	.64***	.39***	.24*	.13	-.09	-.01	.02	.01	-.19	.06	-.36**	.32
Akzeptanz Post (2)		.66***	.38***	.50***	.24*	-.01	.10	.24	-.05	-.03	.01	-.32**	.16
Akzeptanz Follow-up (3)			.21	.21	.14	.24*	.29*	.29*	-.13	-.13	.00	-.28*	.42
Entwicklung d. W. Prä (4)				.52***	.19	.00	.11	.35**	.13	.08	.13	.02	.45
Entwicklung d. W. Post (5)					.41***	-.06	.19	.34**	.17	.10	.10	-.10	.27
Entwicklung d. W. Follow-up (6)						-.06	.29*	.26*	.14	.19	.08	.02	.25
Sicherheit d. W. Prä (7)							.28*	.29*	.07	.11	.15	.12	.45
Sicherheit d. W. Post (8)								.45***	.21	.14	.14	.02	.33
Sicherheit d. W. Follow-up (9)									.23	.01	.19	-.11	.48
Verständnis Prä (10)										.46***	.34**	-.06	.48
Verständnis Post (11)											.44***	.06	-.20
Verständnis Follow-up (12)												.01	-.20
Religiosität (13)													-.37
Schulische Leistungsfähigkeit (14)													

Bemerkung: * $p \leq .01$, ** $p \leq .001$, *** $p \leq .001$; $N = 8-98$

9.1.2 Lehrpersonen

Die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Skalen des Lehrer*innenfragebogens werden in der Tabelle 46 dargestellt. Die an der Studie beteiligten Lehrpersonen sind wenig religiös und zeigen sehr hohe Werte in den Skalen Akzeptanz der Evolution und Entwicklung des Wissens sowie hohe Werte in der Skala Sicherheit des Wissens.

Tabelle 46: *Mittelwerte und Standardabweichungen aller Konstrukte im Lehrpersonenfragebogen*

Konstrukt	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Religiosität	14	2.01	0.72
Akzeptanz der Evolution	14	4.69	0.39
Entwicklung des Wissens	14	4.75	0.28
Sicherheit des Wissens	14	4.02	0.58

9.1.3 Qualität der philosophischen Gespräche

Die Qualität der philosophischen Gespräche wird in der Tabelle 47 nach Kategorie und Qualität insgesamt dargestellt. Es wurden vier Kategorien auf einer Skala von 1-4 eingeschätzt. Der höchste Wert wird in der Kategorie *Philosophische Reichhaltigkeit* erreicht; es folgen die Kategorien *Fokus*, *Ko-Konstruktion* und *Zurückhaltende Gesprächsführung*. Die Qualität der philosophischen Gespräche insgesamt liegt bei 2,51.

Tabelle 47: Ergebnisse des Ratings nach Kategorie und Qualität insgesamt

Kategorie	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Philosophische Reichhaltigkeit	63	2.69	0.65
Ko-Konstruktion	63	2.48	0.70
Fokus	63	2.57	0.57
Zurückhaltende Gesprächsführung	63	2.29	0.64
Qualität gesamt	63	2.51	0.47

Die Häufigkeiten der Qualität sind in der Abbildung 13 in Form eines Histogramms grafisch dargestellt.

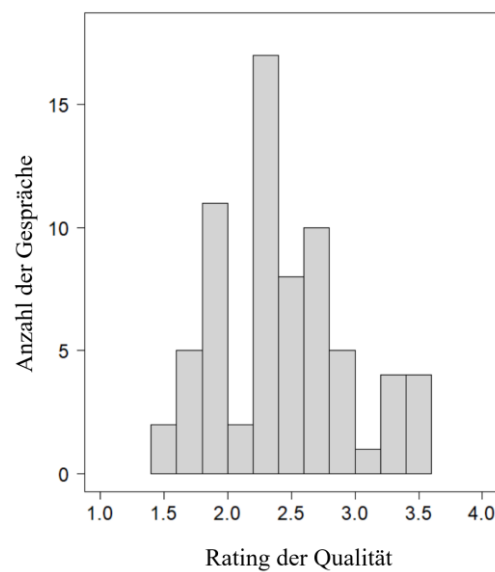


Abbildung 13: Histogramm zur Qualität der philosophischen Gespräche.

9.2 Einfluss der Intervention

In einem ersten Schritt wurde mithilfe von zweiseitigen t-Tests für abhängige Stichproben untersucht, ob und inwiefern sich die Intervention auf die fokussierten Konstrukte in den verschiedenen Gruppen auswirkt. Dazu wurden die Mittelwerte der Skalen zum Zeitpunkt des Prä- und des Posttests verwendet. Die Tabellen 48, 49 und 50 stellen die Ergebnisse der Berechnungen in Philosophie-, Biologie- und Wartekontrollgruppe dar.

Tabelle 48: *Zweiseitige t-Tests für abhängige Stichproben in der Philosophiegruppe (N = 171)*

Abhängige Variable	Prätest		Posttest		<i>t</i> (170)	<i>p</i>	Cohens <i>d</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
Akzeptanz	3.72	0.61	3.94	0.62	-4.44	<.001	0.34
Verständnis	0.39	0.18	0.60	0.26	-11.14	<.001	0.85
Entwicklung d. Wissens	3.96	0.65	4.10	0.66	-2.74	.007	0.21
Sicherheit d. Wissens	3.75	0.61	3.95	0.67	-4.41	<.001	0.34

Die Intervention hat in der Philosophiegruppe einen signifikanten Einfluss auf alle vier abhängigen Variablen. Die Schüler*innen weisen nach der Unterrichtseinheit höhere Werte in den Skalen auf. Der Effekt auf die epistemologischen Überzeugungen sowie die Akzeptanz der Evolution erweist sich als schwach, der Effekt auf das Verständnis der Evolution kann als stark bezeichnet werden (Cohen, 1992).

Tabelle 49: *Zweiseitige t-Tests für abhängige Stichproben in der Biologiegruppe (N = 141)*

Abhängige Variable	Prätest		Posttest		<i>t</i> (140)	<i>p</i>	Cohens <i>d</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
Akzeptanz	3.69	0.67	3.96	0.67	-4.39	<.001	0.37
Verständnis	0.39	0.17	0.62	0.24	-10.87	<.001	0.91
Entwicklung d. Wissens	3.78	0.61	3.89	0.71	-1.75	.081	0.15
Sicherheit d. Wissens	3.60	0.56	3.97	0.68	-6.76	<.001	0.57

In der Biologiegruppe beeinflusst die Unterrichtseinheit zur Evolution die Akzeptanz der Evolution, das Verständnis der Evolution und die Skala Sicherheit des Wissens signifikant; die Schüler*innen verzeichnen Zugewinne. Die Effektstärke kann für die Akzeptanz als klein, für die Skala Sicherheit des Wissens als mittel und für das Verständnis der Evolution als stark beschrieben werden (Cohen, 1992). Die Mittelwerte der Skala Entwicklung des Wissens verändern sich aufgrund der Intervention zwischen Prä- und Posttest nicht signifikant.

Tabelle 50: Zweiseitige *t*-Tests für abhängige Stichproben in der Wartekontrollgruppe ($N = 78$)

Abhängige Variable	Prätest		Posttest		$t(77)$	p	Cohens d
	M	SD	M	SD			
Akzeptanz	3.81	0.70	3.69	0.76	1.66	.100	0.19
Verständnis	0.37	0.15	0.39	0.16	-0.92	.359	0.10
Entwicklung d. Wissens	3.97	0.73	3.83	0.72	1.77	.081	0.20
Sicherheit d. Wissens	3.82	0.60	3.81	0.66	0.06	.950	0.01

In der Wartekontrollgruppe führt die Intervention in keiner der untersuchten Skalen zu einer signifikanten Veränderung.

In allen analysierten Skalen und Gruppen gibt es zwischen Prä- und Posttest Schüler*innen, deren Werte konstant bleiben oder sogar abnehmen. Die Veränderung der Werte der Schüler*innen in den einzelnen Skalen wird mithilfe von Histogrammen visualisiert, welche in den Abbildungen 14, 15, 16 und 17 dargestellt sind.

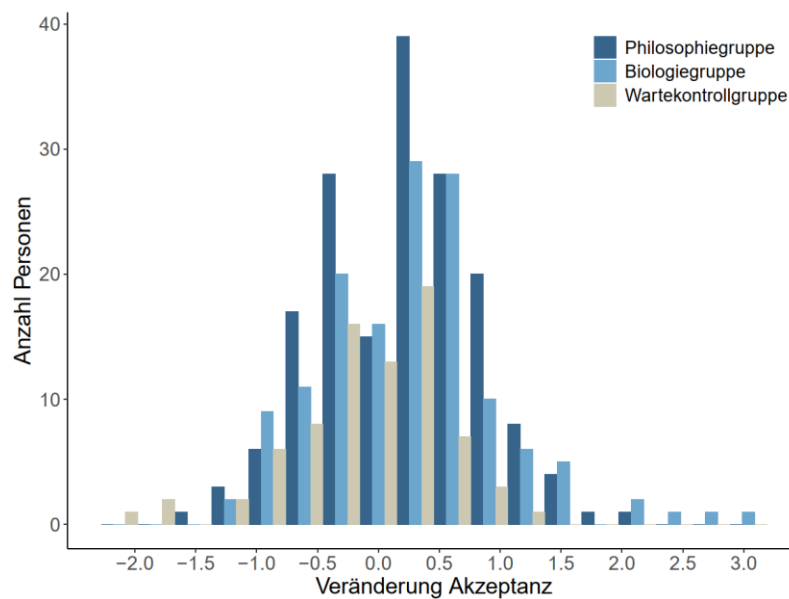


Abbildung 14: Histogramm zur Veränderung der Akzeptanz der Evolution in Philosophie- ($N = 171$), Biologie- ($N = 141$) und Wartekontrollgruppe ($N = 78$).

In der Philosophiegruppe verzeichnen 101 Schüler*innen höhere und 55 Schüler*innen tiefere Akzeptanzwerte nach der Intervention. Bei 15 Personen findet keine Veränderung statt. In der Biologiegruppe weisen 83 Lernende nach der Unterrichtseinheit eine höhere und 42 Lernende eine tiefere Akzeptanz auf. Bei 16 Proband*innen bleiben die Werte konstant. In der Wartekontrollgruppe nimmt die Akzeptanz bei 30 Schüler*innen zu, bei 35 ab und bei 13 bleibt diese unverändert.

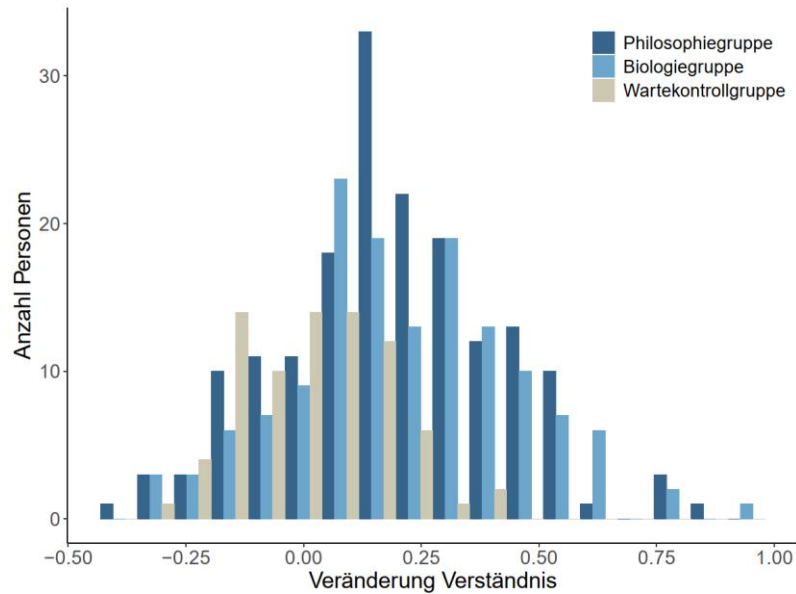


Abbildung 15: Histogramm zur Veränderung des Verständnisses der Evolution in Philosophie- ($N = 171$), Biologie- ($N = 141$) und Wartekontrollgruppe ($N = 78$).

Ein Grossteil der Schüler*innen der Interventionsgruppen verzeichnet Zugewinne im Verständnis der Evolution. In der Philosophiegruppe weisen 132 Personen höhere, 28 Personen tiefere und 11 Personen gleichbleibende Werte auf. In der Biologiegruppe können 113 Proband*innen im Verständnistest zulegen, während 19 Schüler*innen Punkte einbüßen und 9 Personen identisch abschneiden. In der Wartekontrollgruppe zeigen 29 Schüler*innen im Posttest tiefere, 35 Proband*innen höhere und 14 Proband*innen konstante Werte.

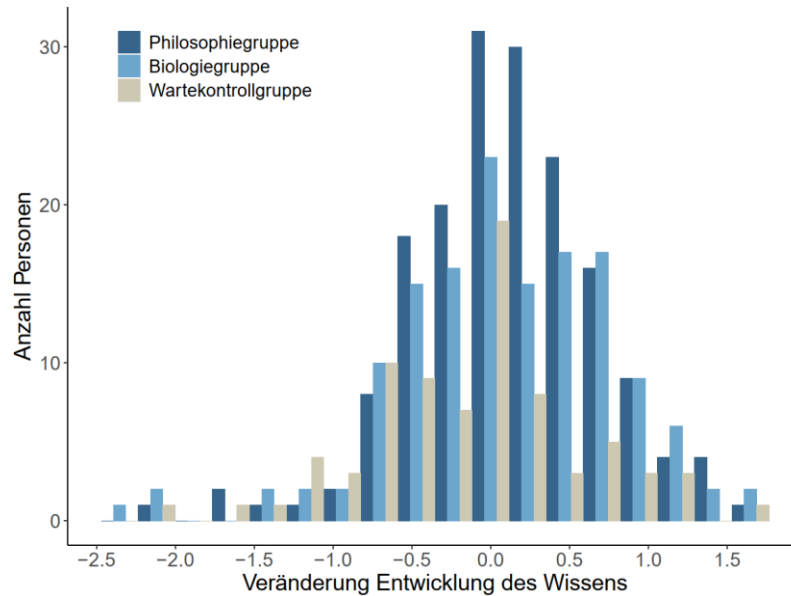


Abbildung 16: Histogramm zur Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens in Philosophie- ($N = 171$), Biologie- ($N = 141$) und Wartekontrollgruppe ($N = 78$).

In der Skala Entwicklung des Wissens zeigen in der Philosophiegruppe nach der Unterrichtseinheit 87 Personen differenziertere, 53 Personen weniger differenzierte und 31 Personen unveränderte epistemologische Überzeugungen. In der Biologiegruppe weisen 68 Schüler*innen höhere, 50 Schüler*innen tiefere und 23 Schüler*innen konstante Werte auf. In der Wartekontrollgruppe findet sich bei 36 Personen eine Abnahme, bei 23 eine Zunahme und bei 19 keine Veränderung.

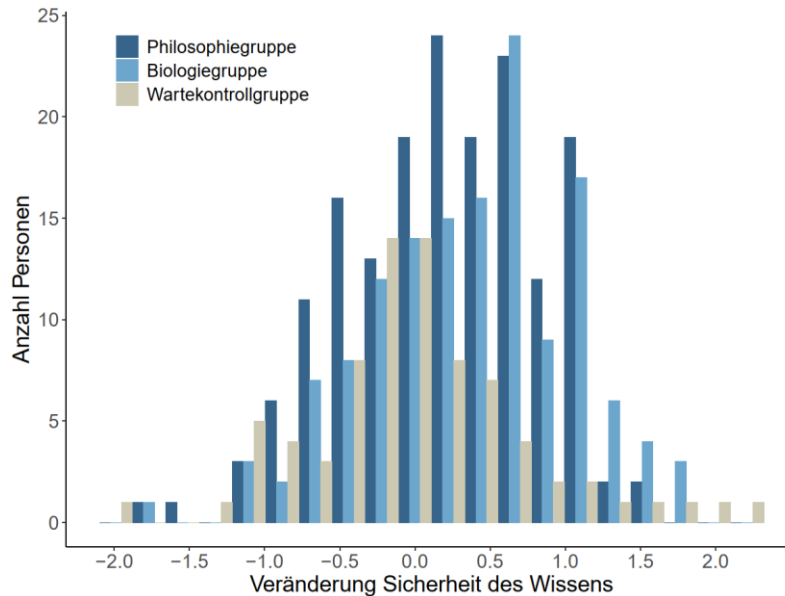


Abbildung 17: Histogramm zur Veränderung der Skala Sicherheit des Wissens in Philosophie- ($N = 171$), Biologie- ($N = 141$) und Wartekontrollgruppe ($N = 78$).

In der Skala Sicherheit des Wissens verzeichnen in der Philosophiegruppe 101 Schüler*innen Zugewinne, 51 Schüler*innen eine Abnahme und 19 Schüler*innen gleichbleibende Werte. In der Biologiegruppe zeigen 94 Personen nach der Unterrichtseinheit differenziertere, 33 Personen weniger differenzierte und 14 Personen unveränderte epistemologische Überzeugungen. In der Wartekontrollgruppe weisen 36 Personen tiefere, 28 Personen höhere und 14 Personen konstante Werte auf.

9.3 Forschungsfrage 1: Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Konstrukten

Das Ziel der Forschungsfrage 1 bestand ursprünglich darin, Zusammenhänge in den Konstrukten in der gesamten Interventionsgruppe zu eruieren. In den Analysen zeigten sich jedoch grosse Unterschiede zwischen Philosophie- und Biologiegruppe, so dass entschieden wurde, diese getrennt zu untersuchen. Folglich werden die Hypothesen für beide Interventionsgruppen unabhängig voneinander geprüft. Im ersten Kapitel werden die Zusammenhänge nach Beendigung der Unterrichtseinheit, im zweiten Kapitel die Zusammenhänge zu Beginn der Interventionsstudie dargestellt. In einem dritten Kapitel werden schliesslich die wichtigsten Resultate im Kontext der zuvor formulierten Hypothesen zusammengefasst.

9.3.1 Zusammenhänge zum Zeitpunkt des Posttests

Um die Forschungsfrage 1 zu beantworten, wurde ein Strukturgleichungsmodell mit allen relevanten Konstrukten für den Zeitpunkt des Posttests erstellt. Im ersten Modell wurde lediglich der Einfluss der Religiosität (R) auf die Akzeptanz (AE) und das Verständnis der Evolution (V) modelliert (Modell 1). In einem nächsten Schritt wurden die epistemologischen Überzeugungen (Modell 2), der Moderationseffekt zwischen Religiosität und epistemologischen Überzeugungen (Modell 3) sowie die schulische Leistungsfähigkeit (SL) (Modell 4) integriert, um den jeweiligen Beitrag zur Varianzaufklärung zu eruieren. Für die beiden Subskalen der epistemologischen Überzeugungen (Entwicklung des Wissens (EE), Sicherheit des Wissens (ES)) wurden je eigene Modelle erstellt. Um die Unterschiede zwischen Kontroll- und Philosophiegruppe in den Zusammenhängen sichtbar zu machen, wurde ein Mehrgruppenvergleich durchgeführt. Die Vergleichbarkeit der beiden Interventionsgruppen wurde durch Modelle, welche eine metrische Invarianz aufweisen, sichergestellt; die Ladungen der Items der latenten Konstrukte wurden folglich in beiden Gruppen gleichgesetzt.

Strukturgleichungsmodell mit der Skala Entwicklung des Wissens

Eine Übersicht über die vier Modelle des Mehrgruppenvergleichs mit dem Konstrukt Entwicklung des Wissens findet sich in der Tabelle 51. Die Ergebnisse der Philosophiegruppe (a) sind weiss, die Ergebnisse der Biologiegruppe (b) hellgrau hinterlegt.

Tabelle 51: *Strukturgleichungsmodelle zum Zeitpunkt des Posttests zum Mehrgruppenvergleich mit der Skala Entwicklung des Wissens (Philosophiegruppe: N = 180; Biologiegruppe N = 153)*

M.	Strukturgleichungsmodelle	B	SE	Z-Wert	p	β	R2	$\Delta R2$
1a	Akzeptanz der Evolution ~						.078	
	Religiosität	-0.206	0.114	-1.799	.072	-.279		
	Verständnis der Evolution ~						.017	
	Religiosität	-0.079	0.047	-1.688	.091	-.131		
	Akzeptanz ~~ Verständnis	0.036	0.047	2.956	.003	.278		
1b	Akzeptanz der Evolution ~						.022	
	Religiosität	-0.109	0.080	-1.365	.172	-.149		
	Verständnis der Evolution ~						.021	
	Religiosität	-0.076	0.044	-1.705	.088	-.143		
	Akzeptanz ~~ Verständnis	0.079	0.018	4.353	<.001	.571		
2a	Akzeptanz der Evolution ~						.229	.151
	Religiosität	-0.192	0.106	-1.812	.070	-.268		
	Entwicklung des Wissens	0.276	0.085	3.254	.001	.391		
	Verständnis der Evolution ~						.143	.126
	Religiosität	-0.075	0.047	-1.595	.111	-.124		
	Entwicklung des Wissens	0.210	0.047	4.457	<.001	.355		
	Akzeptanz ~~ Verständnis	0.017	0.010	1.509	.112	.154		
2b	Akzeptanz der Evolution ~						.632	.610
	Religiosität	-0.047	0.076	-0.613	.540	-.066		
	Entwicklung des Wissens	0.536	0.092	5.813	<.001	.785		
	Verständnis der Evolution ~						.337	.316
	Religiosität	-0.043	0.040	-1.073	.283	-.081		
	Entwicklung des Wissens	0.287	0.044	6.560	<.001	.566		
	Akzeptanz ~~ Verständnis	0.016	0.013	1.277	.202	.235		
3a	Akzeptanz der Evolution ~						.225	-.004
	Religiosität	-0.186	0.110	-1.686	.092	-.261		
	Entwicklung des Wissens	0.272	0.084	3.224	.001	.389		
	Religiosität* Entw. des W.	-0.056	0.145	-0.389	.698	-.038		
	Verständnis der Evolution ~						.143	-
	Religiosität	-0.075	0.047	-1.596	.111	-.125		
	Entwicklung des Wissens	0.210	0.047	4.464	<.001	.355		
	Akzeptanz ~~ Verständnis	0.017	0.010	1.596	.111	.155		
3b	Akzeptanz der Evolution ~						.687	.055
	Religiosität	-0.086	0.068	-1.265	.206	-.121		
	Entwicklung des Wissens	0.538	0.091	5.907	<.001	.783		
	Religiosität* Entw. des W..	-0.313	0.138	-2.258	.024	-.197		
	Verständnis der Evolution ~						.337	-
	Religiosität	-0.043	0.040	-1.088	.277	-.082		
	Entwicklung des Wissens	0.287	0.043	6.604	<.001	.566		
	Akzeptanz ~~ Verständnis	0.014	0.012	1.147	.251	.216		
4a	Akzeptanz der Evolution ~						.295	.070
	Religiosität	-0.162	0.110	-1.479	.139	-.221		

Entwicklung des Wissens	0.232	0.085	2.729	.006	.323		
Religiosität*Entw. des W.	-0.074	0.148	-0.500	.617	-.048		
Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	2.432	.015	.272		
Verständnis der Evolution ~						.182	.039
Religiosität	-0.058	0.047	-1.237	.216	-.096		
Entwicklung des Wissens	0.180	0.048	3.776	<.001	.305		
Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	2.751	.006	.203		
Akzeptanz ~~ Verständnis	0.010	0.010	0.995	.320	.097		
4b Akzeptanz der Evolution ~						.705	.018
Religiosität	-0.070	0.078	-0.901	.368	-.095		
Entwicklung des Wissens	0.501	0.093	5.404	<.001	.709		
Religiosität* Entw. des W.	-0.323	0.135	-2.400	.016	-.197		
Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.001	1.197	.231	.166		
Verständnis der Evolution ~						.376	.039
Religiosität	-0.027	0.043	-0.640	.522	-.052		
Entwicklung des Wissens	0.239	0.048	4.950	<.001	.473		
Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	1.860	.063	.220		
Akzeptanz ~~ Verständnis	0.010	0.011	0.897	.370	.164		

Der Mehrgruppenvergleich in Modell 1 zeigt, dass die Religiosität in beiden Gruppen keine starke Einflussgrösse für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution darstellt und nur einen geringen Teil der Varianz zu erklären vermag. In der Philosophiegruppe erweist sich diese Variable lediglich als marginal signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz ($\beta = -.279$, $p = .072$), während sie in der Biologiegruppe keinen signifikanten Effekt auf die Zielvariablen ausübt. Der standardisierte Koeffizient β wird wie folgt gelesen: Eine Zunahme einer Standardabweichung in der Religiositätsskala führt zu einer Abnahme von $-.279$ Standardabweichungen in der abhängigen Variablen. In beiden Interventionsgruppen wird ein signifikanter Zusammenhang zwischen Verständnis und Akzeptanz der Evolution sichtbar, welcher jedoch in der Biologiegruppe stärker ausgeprägt ist ($\beta = .278$, $p = .003$; $\beta = .571$, $p < .001$).

Werden die epistemologischen Überzeugungen in das Modell integriert (Modell 2), verändert sich der Effekt der Religiosität auf die Akzeptanz der Evolution in der Philosophiegruppe kaum ($\beta = -.268$, $p = .070$), in der Biologiegruppe wird dieser noch schwächer ($\beta = -.066$, $p = .540$). Die epistemologischen Überzeugungen erweisen sich in der Biologiegruppe als sehr starker Prädiktor für die Akzeptanz ($\beta = .785$, $p > .001$, $\Delta R^2 = .610$) und das Verständnis ($\beta = .566$, $p > .001$,

$\Delta R^2 = .316$) der Evolution und erklären einen grossen Teil der Varianz dieser abhängigen Variablen. In der Philosophiegruppe zeigt die Skala Entwicklung des Wissens ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz ($\beta = .391$, $p = .001$, $\Delta R^2 = .151$) und das Verständnis ($\beta = .355$, $p > .001$, $\Delta R^2 = .126$), die Effekte sind jedoch kleiner.

Die Hinzunahme des Moderationseffektes zwischen Religiosität und Entwicklung des Wissens in Modell 3 führt in der Biologiegruppe zu einem signifikanten Effekt ($\beta = -.197$, $p = .024$, $\Delta R^2 = .055$). In der Philosophiegruppe kann kein solcher Zusammenhang bestätigt werden ($\beta = -.038$, $p = .698$). Mit zunehmender Religiosität sinkt in der Biologiegruppe folglich der Einfluss der Entwicklung des Wissens auf die Akzeptanz der Evolution.

Im vollständigen Modell 4 wird als Kontrollvariable schliesslich die schulische Leistungsfähigkeit der Schüler*innen eingefügt. Diese erweist sich in der Philosophiegruppe als signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz ($\beta = .272$, $p = .015$, $\Delta R^2 = .070$) und das Verständnis ($\beta = .203$, $p = .006$, $\Delta R^2 = .039$) der Evolution. In der Biologiegruppe zeigt sich lediglich ein marginal signifikanter Effekt der schulischen Leistungsfähigkeit auf das Verständnis der Evolution ($\beta = .220$, $p = .063$, $\Delta R^2 = .039$). Im vollständigen Strukturgleichungsmodell findet sich in beiden Gruppen kein signifikanter Zusammenhang mehr zwischen Akzeptanz und Verständnis der Evolution ($\beta = .097$, $p = .320$; $\beta = .164$, $p = .370$). Die Integration der epistemologischen Überzeugungen sowie der schulischen Leistungsfähigkeit in das Modell führen zu einer schwächeren Korrelation, welche keine Signifikanz aufweist. Sowohl in der Philosophie- als auch in der Biologiegruppe führt die Hinzunahme der schulischen Leistungsfähigkeit zu einer leichten Abschwächung des Effektes der epistemologischen Überzeugungen auf die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution. In der Philosophiegruppe werden im vollständigen Modell 29.50% der Varianz der Akzeptanz und 18.20% der Varianz des Verständnisses der Evolution erklärt. In der Biologiegruppe werden 70,50% der Varianz der Akzeptanz und 37,60% der Varianz des Verständnisses der Evolution aufgeklärt.

Die Werte zur Anpassungsgüte der Modelle, welche als gut oder akzeptabel bezeichnet werden können, sind in Tabelle 52 sichtbar (Schermelleh-Engel et al., 2003).

Tabelle 52: *Fit Werte der Modelle mit der Skala Entwicklung des Wissens zum Zeitpunkt des Posttests*

Modell	χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
Modell 1 a/b	119.066	107	.200	0.989	0.986	.027	.059
Modell 2 a/b	214.154	204	.299	0.993	0.992	.018	.059
Modell 3 a/b	253.358	234	.184	0.986	0.984	.023	.066
Modell 4 a/b	279.325	258	.173	0.985	0.983	.023	.066

Wie bereits in Kapitel 8.3 erwähnt, wurde versucht, die hierarchische Struktur mithilfe des R package *lavaan.survey* (Oberski, 2014) in den Strukturgleichungsmodellen zu berücksichtigen. Aufgrund einer zu kleinen Stichprobe konnten keine reliablen Standardfehler berechnet werden. Die Resultate des vollständigen Strukturgleichungsmodells mit Berücksichtigung der hierarchischen Struktur werden dennoch im Anhang 4 präsentiert. Die in diesem Kapitel dargestellten Resultate können grösstenteils bestätigt werden. In der Philosophiegruppe erweist sich jedoch die Religiosität als signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz der Evolution. Ein weiterer Unterschied stellt der signifikante Zusammenhang von Akzeptanz und Verständnis der Evolution in der Philosophiegruppe dar. Aufgrund einer zu kleinen Stichprobe sowie der Imputation der fehlenden Daten können diese Ergebnisse jedoch nur unter Vorbehalt interpretiert werden.

In der Abbildung 18 und der Abbildung 19 werden die vollständigen Strukturgleichungsmodelle der Philosophie- und Biologiegruppe grafisch dargestellt.

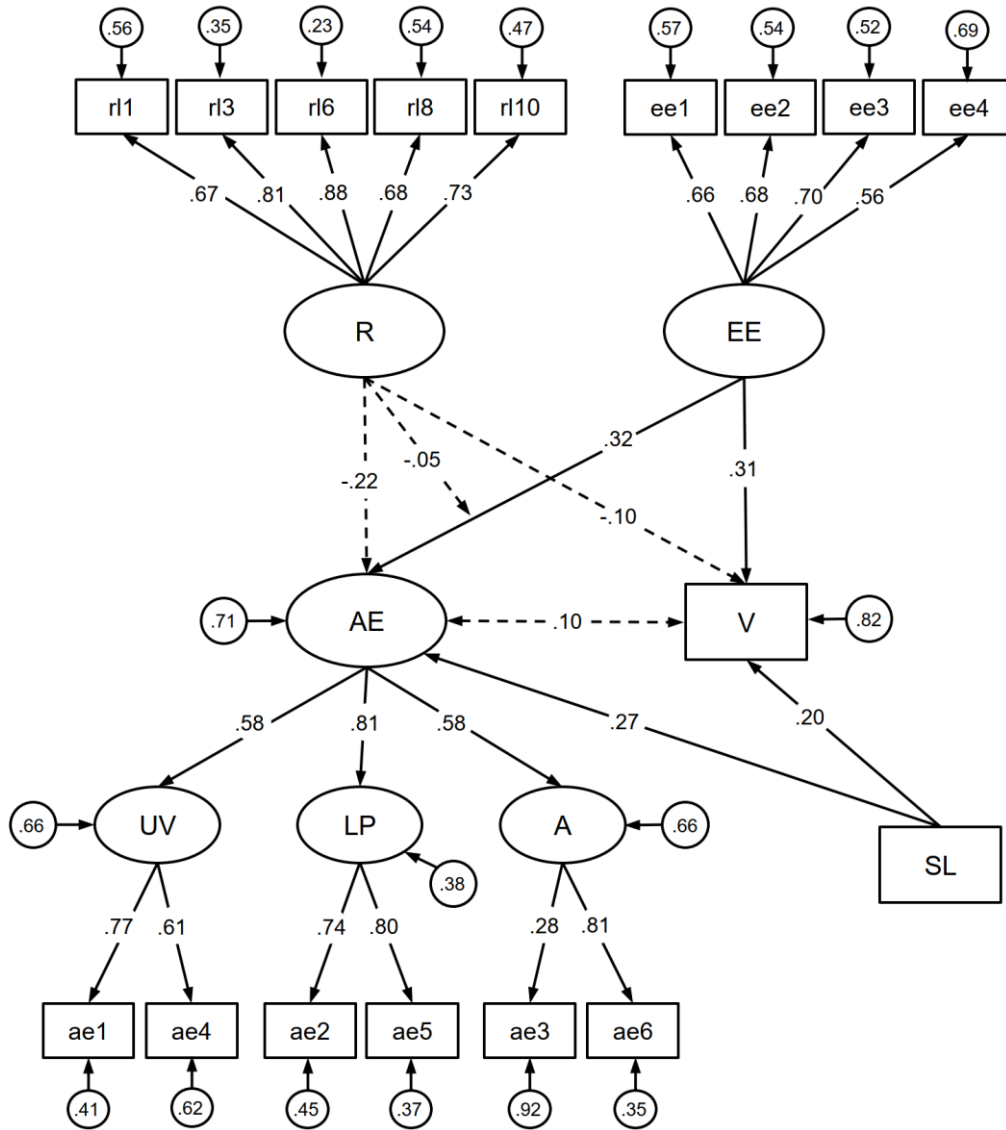


Abbildung 18: Vollständiges Strukturgleichungsmodell zum Zeitpunkt des Posttests für die Philosophiegruppe ($N = 180$) mit der Skala Entwicklung des Wissens. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. R = Religiosität, AE = Akzeptanz der Evolution (Subdimensionen: UV = Unveränderliche Form, LP = Langdauernder Prozess, A = Abstammung), EE = Entwicklung des Wissens (epistemologische Überzeugungen), V = Verständnis der Evolution, SL = Schulische Leistungsfähigkeit.

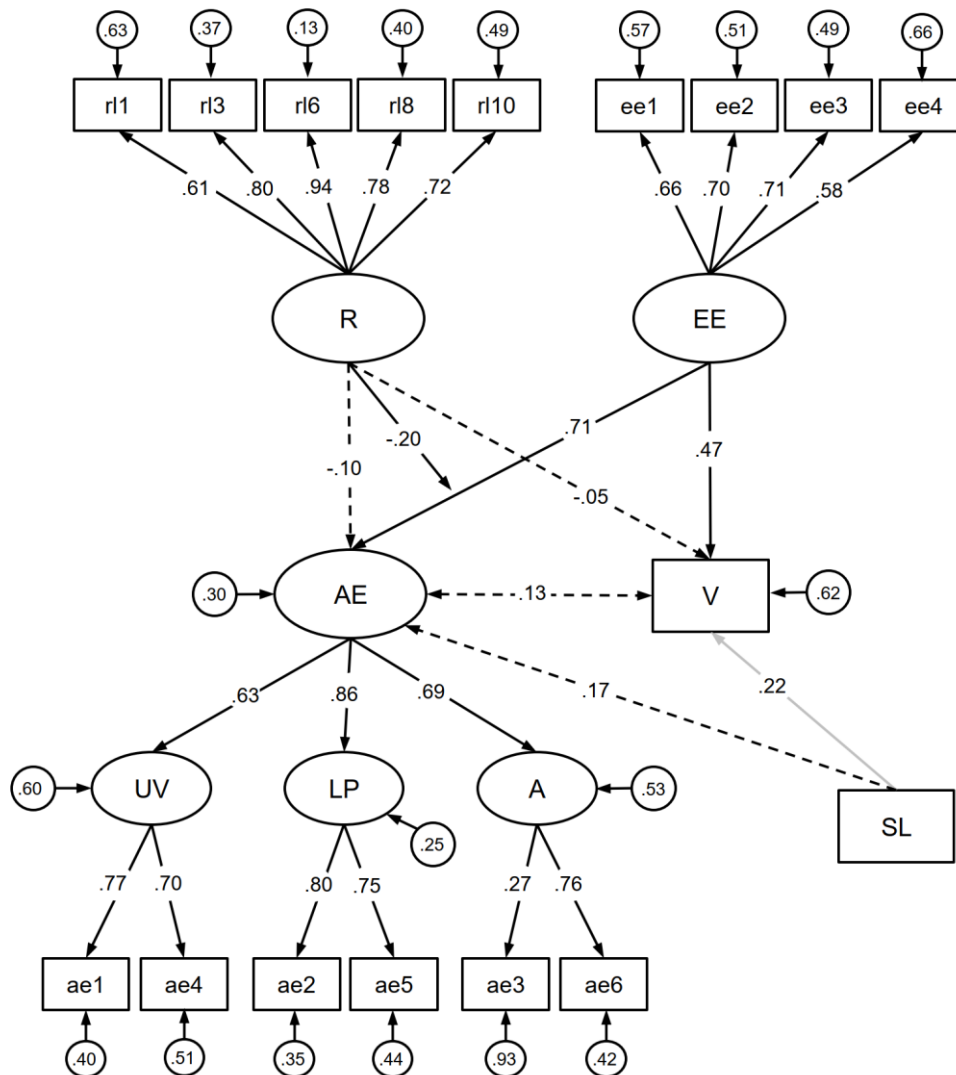


Abbildung 19: Vollständiges Strukturgleichungsmodell zum Zeitpunkt des Posttests für die Biologiegruppe ($N = 153$) mit der Skala Entwicklung des Wissens. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. R = Religiosität, AE = Akzeptanz der Evolution (Subdimensionen: UV = Unveränderliche Form, LP = Langdauernder Prozess, A = Abstammung), EE = Entwicklung des Wissens (epistemologische Überzeugungen), V = Verständnis der Evolution, SL = Schulische Leistungsfähigkeit.

Mehrebenen-Regressionsmodelle mit der Skala Entwicklung des Wissens

Um die zwei Ebenen der Daten – die Schüler*innen- und die Klassenebene – zu berücksichtigen, wurden ergänzend Mehrebenen-Regressionsanalysen durchgeführt. Die schulische Leistungsfähigkeit wurde nicht in die Modelle miteinbezogen, da dies die Stichprobe aufgrund der fehlenden Daten noch stärker reduziert hätte. Die Tabellen 53 und 54 stellen die Ergebnisse dieser Analysen mit den Zielvariablen Akzeptanz und Verständnis der Evolution und der Skala Entwicklung des Wissens dar. Die Befunde der Strukturgleichungsmodelle können weitgehend bestätigt werden.

Tabelle 53: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution und der Skala Entwicklung des Wissens im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.126, N = 165; Biologiegruppe = 0.352, N = 136)*

	Stichprobe	B (95%-CI)	SE	β	p
Konstante	Philosophiegruppe	-0.060 (-0.196, 0.071)	0.072		.412
	Biologiegruppe	-0.082 (-0.057, 0.222)	0.071		.253
Religiosität	Philosophiegruppe	-0.307 (-0.543, -0.084)	0.118	-.194	.010
	Biologiegruppe	-0.185 (-0.417, 0.047)	0.119	-.113	.123
Entwicklung des Wissens	Philosophiegruppe	0.256 (0.133, 0.397)	0.068	.282	<.001
	Biologiegruppe	0.538 (0.406, 0.670)	0.068	.555	<.001
Religiosität*Entwicklung des Wissens	Philosophiegruppe	-0.049 (-0.256, 0.167)	0.109	-.034	.653
	Biologiegruppe	-0.310 (-0.530, -0.091)	0.113	-.199	.007

Die Skala Entwicklung des Wissens stellt sowohl in der Philosophie- als auch in der Biologiegruppe ein signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz ($\beta = .282$, $p < .001$; $\beta = .555$, $p < .001$) als auch das Verständnis ($\beta = .307$, $p < .001$; $\beta = .466$, $p < .001$) der Evolution dar, wobei die Effekte in der Biologiegruppe stärker ausgeprägt sind. Die Religiosität zeigt lediglich in der Philosophiegruppe einen signifikanten negativen Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution ($\beta = -.194$, $p = .010$). Der in den Strukturgleichungsmodellen dargelegte Interaktionseffekt zwischen Religiosität und der Skala Entwicklung des Wissens findet sich auch in diesen Analysen für die Biologiegruppe ($\beta = -.199$, $p = .007$). Es zeigt sich kein Einfluss der Religiosität auf das Verständnis der Evolution; dies gilt für die Philosophie ($\beta = -.097$, $p = .158$) als auch die Biologiegruppe ($\beta = -.047$, $p = .538$). Alle Faktoren des Modells mit der Zielvariable Akzeptanz der Evolution erklären 12,6% der

Varianz in der Philosophiegruppe und 35,2% der Varianz in der Biologiegruppe. Das Modell mit abhängiger Variable Verständnis der Evolution kann in der Philosophiegruppe 10.5% der Varianz und in der Biologiegruppe 22.4% der Varianz erklären.

Tabelle 54: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Verständnis der Evolution und der Skala Entwicklung des Wissens im Posttest (Marginale R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.105, N = 165; Biologiegruppe = 0.224, N = 136)*

	Stichprobe	B (95%-CI)	SE	β	p
Konstante	Philosophiegruppe	0.569 (0.508, 0.631)	0.031		<.001
	Biologiegruppe	0.623 (0.578, 0.667)	0.022		<.001
Religiosität	Philosophiegruppe	-0.044 (-0.106, 0.016)	0.031	-.097	.158
	Biologiegruppe	-0.019 (-0.082, 0.041)	0.030	-.047	.538
Entwicklung des Wissens	Philosophiegruppe	0.079 (0.043, 0.116)	0.018	.307	<.001
	Biologiegruppe	0.109 (0.074, 0.144)	0.018	.466	<.001

Strukturgleichungsmodell mit der Skala Sicherheit des Wissens

Eine Übersicht über die vier Modelle des Mehrgruppenvergleichs mit dem Konstrukt Sicherheit des Wissens findet sich in der Tabelle 55. Die Ergebnisse der Philosophiegruppe (a) sind weiss, die Ergebnisse der Biologiegruppe (b) hellgrau hinterlegt.

Tabelle 55: *Strukturgleichungsmodelle zum Zeitpunkt des Posttests zum Mehrgruppenvergleich mit der Skala Sicherheit des Wissens (Philosophiegruppe: N = 180; Biologiegruppe: N = 153)*

M.	Strukturgleichungsmodelle	B	SE	Z-Wert	p	β	R2	ΔR2
1a	Akzeptanz der Evolution ~						.078	
	Religiosität	-0.206	0.114	-1.799	.072	-.279		
	Verständnis der Evolution ~						.017	
	Religiosität	-0.079	0.047	-1.688	.091	-.131		
	Akzeptanz ~ ~ Verständnis	0.036	0.047	2.956	.003	.278		
1b	Akzeptanz der Evolution ~						.022	
	Religiosität	-0.109	0.080	-1.365	.172	-.149		
	Verständnis der Evolution ~						.021	
	Religiosität	-0.076	0.044	-1.705	.088	-.143		
	Akzeptanz ~ ~ Verständnis	0.079	0.018	4.353	<.001	.571		
2a	Akzeptanz der Evolution ~						.126	.048
	Religiosität	-0.220	0.118	-1.857	.063	-.297		
	Sicherheit des Wissens	0.235	0.161	1.460	.144	.225		
	Verständnis der Evolution ~						.092	.075
	Religiosität	-0.094	0.047	-2.030	.042	-.156		
	Sicherheit des Wissens	0.234	0.085	2.757	.006	.275		
	Akzeptanz ~ ~ Verständnis	0.028	0.011	2.521	.012	.225		
2b	Akzeptanz der Evolution ~						.261	.239
	Religiosität	-0.049	0.087	-0.558	.577	-.067		
	Sicherheit des Wissens	0.536	0.166	3.224	.001	.496		
	Verständnis der Evolution ~						.284	.263
	Religiosität	-0.032	0.044	0.710	.478	-.060		
	Sicherheit des Wissens	0.407	0.096	4.247	<.001	.520		
	Akzeptanz ~ ~ Verständnis	0.044	0.024	1.720	.007	.423		
3a	Akzeptanz der Evolution ~						.125	.001
	Religiosität	-0.218	0.118	-1.838	.066	-.295		
	Sicherheit des Wissens	0.231	0.163	1.421	.155	.222		
	Religiosität* Sich. des W.	0.028	0.290	-0.096	.924	-.012		
	Verständnis der Evolution ~						.092	-
	Religiosität	-0.094	0.047	-2.030	.042	-.156		
	Sicherheit des Wissens	0.234	0.085	2.758	.006	.275		
	Akzeptanz ~ ~ Verständnis	0.028	0.012	2.397	.017	.227		
3b	Akzeptanz der Evolution ~						.263	.002
	Religiosität	-0.050	0.086	-0.578	.563	-.068		
	Sicherheit des Wissens	0.535	0.167	3.203	.001	.496		
	Religiosität* Sich. des W.	-0.098	0.259	-0.379	.705	-.035		
	Verständnis der Evolution ~						.284	-
	Religiosität	-0.032	0.044	-0.710	.478	-.060		
	Sicherheit des Wissens	0.407	0.096	4.245	<.001	.520		
	Akzeptanz ~ ~ Verständnis	0.043	0.016	2.650	.008	.423		
4a	Akzeptanz der Evolution ~						.204	.079
	Religiosität	-0.174	0.116	-1.499	.134	-.231		
	Sicherheit des Wissens	0.138	0.167	0.828	.408	.128		

	Religiosität* Sich. des W.	-0.029	0.290	-0.101	.919	-.012		
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	2.428	.015	.297		
	Verständnis der Evolution ~						.131	.039
	Religiosität	-0.066	0.047	-1.415	.157	-.109		
	Sicherheit des Wissens	0.178	0.084	2.131	.033	.207		
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	2.476	.013	.209		
	Akzeptanz ~ ~ Verständnis	0.020	0.011	1.838	.066	.175		
4b	Akzeptanz der Evolution ~						.345	.082
	Religiosität	-0.015	0.092	-0.164	.870	-.020		
	Sicherheit des Wissens	0.400	0.175	2.286	.022	.360		
	Religiosität* Sich. des W.	-0.143	0.252	-0.567	.570	-.051		
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.001	1.933	.053	.321		
	Verständnis der Evolution ~						.329	.045
	Religiosität	-0.014	0.047	-0.299	.765	-.026		
	Sicherheit des Wissens	0.326	0.097	3.368	.001	.414		
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.001	2.238	.025	.242		
	Akzeptanz ~ ~ Verständnis	0.036	0.015	2.319	.020	.370		

Wie bereits in der Analyse zur Skala Entwicklung des Wissens beschrieben, hat die Religiosität in Modell 1 in beiden Interventionsgruppen keinen signifikanten Einfluss. Wird in der Philosophiegruppe in Modell 2 die Skala Sicherheit des Wissens integriert, gewinnt der Einfluss der Religiosität auf die Akzeptanz ($\beta = -.297$, $p = .063$) und das Verständnis ($\beta = -.156$, $p = .042$) der Evolution an Stärke und wird im zweiten Fall sogar signifikant. Die Skala Sicherheit des Wissens erweist sich in Modell 2 in der Biologiegruppe als signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz ($\beta = .496$, $p = .001$, $\Delta R^2 = .239$) und das Verständnis ($\beta = .520$, $p < .001$, $\Delta R^2 = .263$) der Evolution. In der Philosophiegruppe zeigt sich lediglich ein signifikanter Einfluss auf das Verständnis der Evolution ($\beta = .275$, $p = .006$, $\Delta R^2 = .075$).

In Modell 3 kann – im Gegensatz zur Analyse zur Skala Entwicklung des Wissens – kein Moderationseffekt festgestellt werden. Die schulische Leistungsfähigkeit, welche in Modell 4 integriert wird, stellt jedoch wiederum ein signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz ($\beta = .297$, $p = .015$, $\Delta R^2 = .079$) und das Verständnis ($\beta = .209$, $p = .013$, $\Delta R^2 = .039$) der Evolution in der Philosophiegruppe dar. In der Biologiegruppe zeigt sich ein marginal signifikanter Einfluss auf das Verständnis ($\beta = .321$, $p = .053$, $\Delta R^2 = .082$) sowie ein signifikanter Einfluss auf die Akzeptanz ($\beta = .242$, $p = .025$, $\Delta R^2 = .045$) der Evolution. Durch die Hinzunahme der schulischen Leistungsfähigkeit verliert der Effekt der Religiosität in der Philosophiegruppe an Stärke und ist nun nicht mehr (marginal) signifikant (Akzeptanz:

$\beta = -.231, p = .134$; Verständnis: $\beta = -.109, p = .157$). In der Philosophiegruppe erweist sich der Zusammenhang von Verständnis und Akzeptanz der Evolution in den ersten drei Modellen als signifikant, ist jedoch nach Integration der schulischen Leistungsfähigkeit lediglich noch marginal signifikant ($\beta = .175, p = .066$). In der Biologiegruppe zeigt sich im Gegensatz dazu auch im vollständigen Modell ein deutlicher, signifikanter Zusammenhang zwischen Akzeptanz und Verständnis der Evolution ($\beta = .370, p = .020$). Durch das vollständige Strukturgleichungsmodell können in der Philosophiegruppe 20,40% der Varianz der Akzeptanz und 13,10% der Varianz des Verständnisses der Evolution erklärt werden; in der Biologiegruppe sind es jeweils 34,50% und 32,90%.

Die Werte zur Anpassungsgüte der Modelle sind in Tabelle 56 sichtbar. Für die Modelle 1 und 4 können diese als gut oder akzeptabel bezeichnet werden. Der p-Wert des Chi-Quadrat-Tests in Modell 2 und 3 weist jedoch auf eine unzureichende Modellanpassung hin (Schermelleh-Engel et al., 2003).

Tabelle 56: *Fit Werte der Modelle mit der Skala Sicherheit des Wissens zum Zeitpunkt des Posttests*

Modell	χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
Modell 1 a/b	119.066	107	.200	0.989	0.986	.027	.059
Modell 2 a/b	291.419	233	.006	0.960	0.953	.040	.073
Modell 3 a/b	325.665	265	.006	0.958	0.951	.038	.073
Modell 4 a/b	350.357	291	.010	0.960	0.953	.036	.073

Auch bei diesem vollständigen Strukturgleichungsmodell für die Skala Sicherheit des Wissens wurde versucht, die hierarchische Struktur der Daten zu berücksichtigen. Aufgrund einer zu kleinen Stichprobe konnten keine reliablen Standardfehler berechnet werden. Die Resultate des vollständigen Strukturgleichungsmodells mit Berücksichtigung der hierarchischen Struktur werden dennoch im Anhang 4 präsentiert. Die Veränderungen in Bezug auf die epistemologischen Überzeugungen können als gering bezeichnet werden und bestätigen die zuvor dargestellten Ergebnisse. In der Philosophiegruppe erweist sich jedoch wiederum die Religiosität als signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz der Evolution. Ein weiterer Unterschied stellt der signifikante Zusammenhang von Akzeptanz und Verständnis der Evolution in der Philosophiegruppe dar. In der Biologiegruppe ist die schulische Leistungsfähigkeit kein signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz und das Verständnis

der Evolution. Aufgrund der zu geringen Stichprobe sowie der Imputation der fehlenden Daten können diese Ergebnisse jedoch nur unter Vorbehalt interpretiert werden.

In der Abbildung 20 und der Abbildung 21 werden die vollständigen Strukturgleichungsmodelle der Philosophie- und Biologiegruppe grafisch dargestellt.

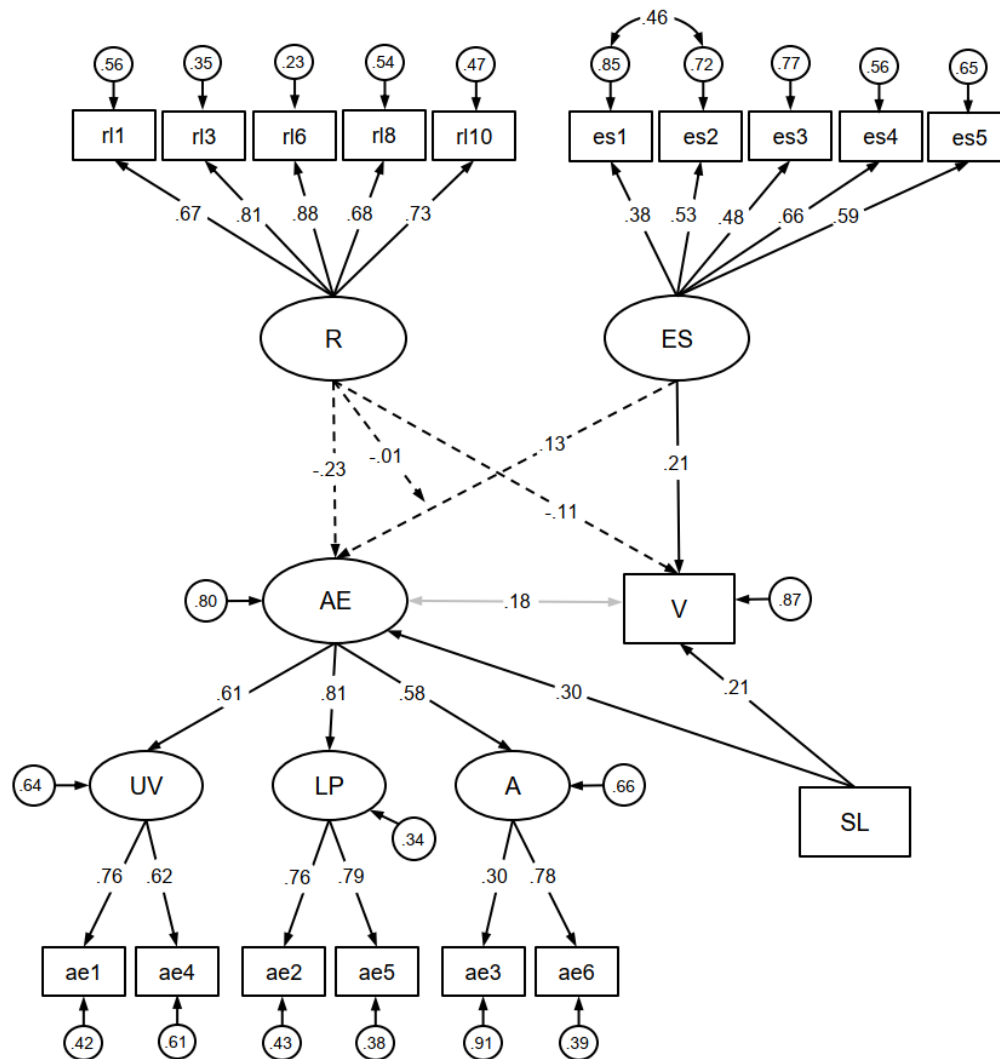


Abbildung 20: Strukturgleichungsmodell zum Zeitpunkt des Posttests für die Philosophiegruppe ($N = 180$) mit der Skala Sicherheit des Wissens. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. R = Religiosität, AE = Akzeptanz der Evolution (Subdimensionen: UV = Unveränderliche Form, LP = Langdauernder Prozess, A = Abstammung), ES = Sicherheit des Wissens (epistemologische Überzeugungen), V = Verständnis der Evolution, SL = Schulische Leistungsfähigkeit.

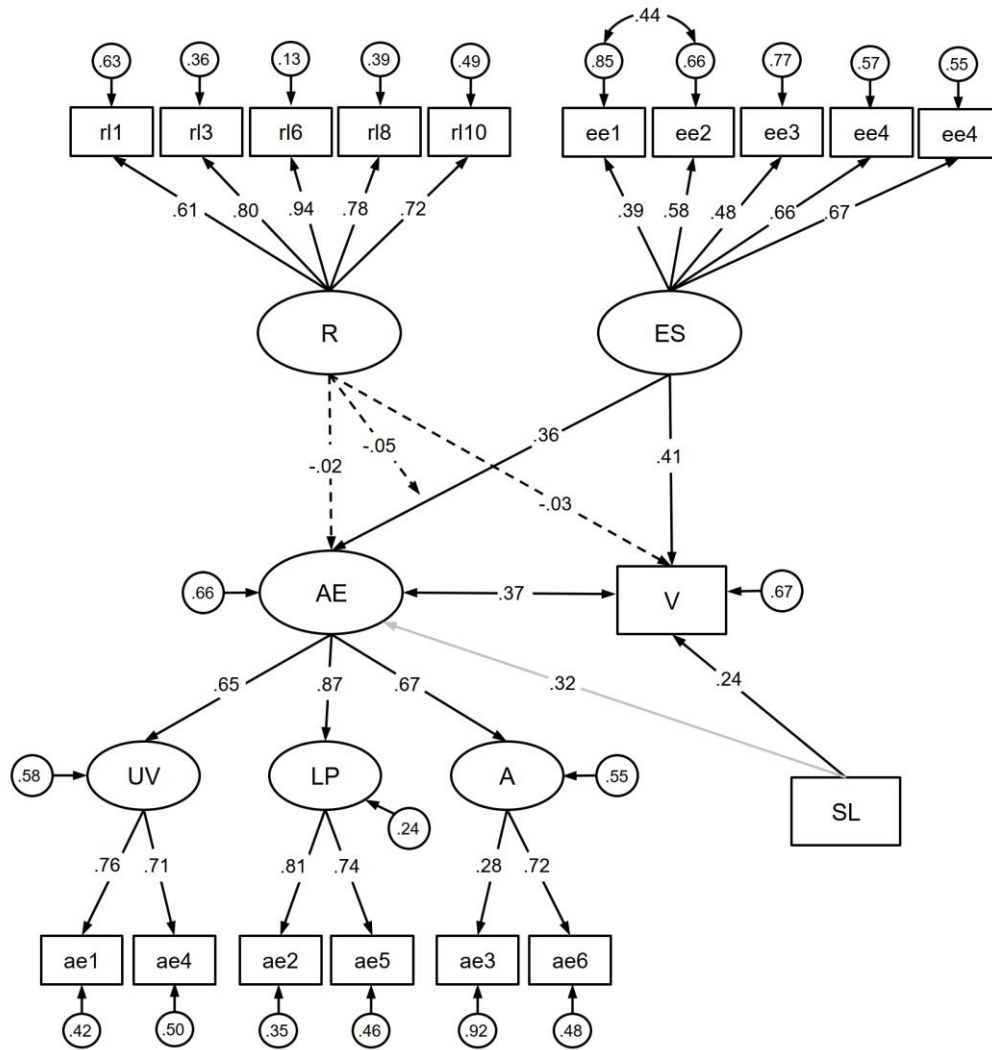


Abbildung 21: Strukturgleichungsmodell zum Zeitpunkt des Posttests für die Biologiegruppe ($N = 153$) mit der Skala Sicherheit des Wissens. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. R = Religiosität, AE = Akzeptanz der Evolution (Subdimensionen: UV = Unveränderliche Form, LP = Langdauernder Prozess, A = Abstammung), ES = Sicherheit des Wissens (epistemologische Überzeugungen), V = Verständnis der Evolution, SL = Schulische Leistungsfähigkeit.

Mehrebenen-Regressionsmodelle mit der Skala Sicherheit des Wissens

Auch zur Analyse der Zusammenhänge mit der Skala Sicherheit des Wissens wurden zur Berücksichtigung der Zugehörigkeit der Schüler*innen zu unterschiedlichen Klassen Mehrebenen-Regressionsanalysen durchgeführt. Die schulische Leistungsfähigkeit wurde nicht in die Modelle miteinbezogen, da dies die Stichprobe aufgrund der fehlenden Daten noch stärker reduziert hätte. Die Tabelle 57 und 58 stellen die Ergebnisse mit den Zielvariablen Akzeptanz und Verständnis der Evolution und der Skala Sicherheit des Wissens dar. Die Befunde der Strukturgleichungsmodelle können weitgehend bestätigt werden.

Tabelle 57: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution und der Skala Sicherheit des Wissens im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.052, N = 165; Biologiegruppe = 0.124, N = 136)*

	Stichprobe	B (95%-CI)	SE	β	p
Konstante	Philosophiegruppe	-0.025 (-0.202, 0.151)	0.089		.778
	Biologiegruppe	0.032 (-0.130, 0.193)	0.084		.702
Religiosität	Philosophiegruppe	-0.324 (-0.565, -0.090)	0.121	-.205	.008
	Biologiegruppe	-0.117 (-0.378, 0.144)	0.135	-.071	.385
Sicherheit des Wissens	Philosophiegruppe	0.101 (-0.025, 0.233)	0.064	.123	.118
	Biologiegruppe	0.320 (0.170, 0.471)	0.077	.340	<.001
Religiosität*Sicherheit des Wissens	Philosophiegruppe	0.010 (-0.202, 0.222)	0.109	.007	.927
	Biologiegruppe	-0.009 (-0.281, 0.263)	0.140	.005	.949

Die Religiosität erweist sich in der Philosophiegruppe als signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz der Evolution ($\beta = -.205$, $p = .008$); in der Biologiegruppe finden sich hingegen keine signifikanten Effekte ($\beta = -.071$, $p = .385$). Die Religiosität scheint auch für das Verständnis der Evolution in der Philosophiegruppe ($\beta = -.125$, $p = .082$) eine grössere Rolle zu spielen als in der Biologiegruppe ($\beta = -.052$, $p = .516$), auch wenn eine Signifikanz verfehlt wird. Die Skala Sicherheit des Wissens steht in der Biologiegruppe in einem signifikanten Zusammenhang mit der Akzeptanz ($\beta = .340$, $p < .001$) und dem Verständnis ($\beta = .378$, $p < .001$) der Evolution. In der Philosophiegruppe zeigt sich lediglich ein signifikanter Effekt auf das Verständnis der Evolution ($\beta = .187$, $p = .012$). Weder in der Philosophie- noch in der Biologiegruppe kann ein Moderationseffekt festgestellt werden. Alle Faktoren

des Modells mit der Zielvariable Akzeptanz der Evolution erklären 5,2% der Varianz in der Philosophiegruppe und 12,4% der Varianz in der Biologiegruppe. Das Modell mit abhängiger Variable Verständnis der Evolution kann in der Philosophiegruppe 4.6% der Varianz und in der Biologiegruppe 14.9% der Varianz erklären.

Tabelle 58: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Verständnis der Evolution und der Skala Sicherheit des Wissens im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.046, N = 165; Biologiegruppe = 0.149, N = 136)*

	Stichprobe	B (95%-CI)	SE	β	p
Konstante	Philosophiegruppe	0.578 (0.515, 0.642)	0.032		<.001
	Biologiegruppe	0.611 (0.565, 0.655)	0.022		<.001
Religiosität	Philosophiegruppe	-0.057 (-0.121, 0.007)	0.032	-.125	.082
	Biologiegruppe	-0.020 (-0.087, 0.042)	0.031	-.052	.516
Sicherheit des Wissens	Philosophiegruppe	0.043 (0.010, 0.077)	0.017	.184	.012
	Biologiegruppe	0.086 (0.050, 0.122)	0.018	.378	<.001

9.3.2 Zusammenhänge zum Zeitpunkt des Prätests

Da deutliche Unterschiede in den Zusammenhängen zwischen Philosophie- und Kontrollgruppe zum Zeitpunkt des Posttests zutage traten, wurde in einem zweiten Schritt untersucht, inwiefern diese Unterschiede bereits vor der Unterrichtseinheit bestanden. Zu diesem Zeitpunkt existierten nur schwache Zusammenhänge zwischen den Konstrukten, sodass kein Strukturgleichungsmodell mit guter Anpassungsgüte erstellt werden konnte. Aus diesem Grund wurden allfällige Unterschiede in den Zusammenhängen mithilfe von Mehrebenen-Regressionsmodellen untersucht. Als manifeste Variablen wurden die Faktorenwerte der entsprechenden Messmodelle verwendet. Um eine Vergleichbarkeit der zwei Interventionsgruppen zu ermöglichen, wurde eine metrische Invarianz der Modelle sichergestellt, aufgrund derer die Faktorwerte berechnet wurden. Die Tabelle 59 zeigt das Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution und der Skala Entwicklung des Wissens. Die Tabelle 60 stellt ein Modell mit identischer Zielvariable dar, integriert jedoch die Skala Sicherheit des Wissens als Subdimension der epistemologischen Überzeugungen. Die schulische Leistungsfähigkeit wurde nicht in die Modelle miteinbezogen, da dies die Stichprobe aufgrund

der fehlenden Daten zu stark reduziert hätte. Es werden keine Modelle mit der Zielvariable Verständnis der Evolution präsentiert, da diese keine Signifikanz aufweisen und kaum Varianz zu erklären vermögen.

Tabelle 59: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution und der Skala Entwicklung des Wissens im Prätest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.144, N = 165; Biologiegruppe = 0.139, N = 136)*

	Stichprobe	B (95%-CI)	SE	β	p
Konstante	Philosophiegruppe	-0.034 (-0.160, 0.094)	0.065		.608
	Biologiegruppe	0.058 (-0.161, 0.282)	0.111		.608
Religiosität	Philosophiegruppe	-0.297 (-0.517, -0.077)	0.112	-.195	.009
	Biologiegruppe	-0.171 (-0.440, 0.092)	0.135	-.105	.207
Entwicklung des Wissens	Philosophiegruppe	0.280 (0.125, 0.436)	0.080	.264	<.001
	Biologiegruppe	0.446 (0.255, 0.642)	0.098	.350	<.001
Religiosität*Entwicklung des Wissens	Philosophiegruppe	-0.199 (-0.456, 0.057)	0.132	-.116	.132
	Biologiegruppe	-0.034 (-0.351, 0.284)	0.163	-.016	.835

Die Mehrebenen-Regressionsanalyse zeigt, dass zum Zeitpunkt des Prätests die Religiosität ($\beta = -.195$, $p = .009$) und die Entwicklung des Wissens ($\beta = -.264$, $p < .001$) in der Philosophiegruppe einen signifikanten Effekt auf die Akzeptanz der Evolution ausüben. In der Biologiegruppe zeigt lediglich die Variable Entwicklung des Wissens ($\beta = .305$, $p < .001$) einen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution, wobei dieser stärker ausgeprägt ist als in der Philosophiegruppe. In beiden Interventionsgruppen kann kein Moderationseffekt festgestellt werden. Insgesamt erklären die Faktoren 14,4% der Varianz in der Philosophiegruppe und 13,9% der Varianz in der Biologiegruppe.

Tabelle 60: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution und der Skala Sicherheit des Wissens im Prätest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.062, N = 165; Biologiegruppe = 0.095, N = 136)*

	Stichprobe	B (95%-CI)	SE	β	p
Konstante	Philosophiegruppe	-0.002 (-0.135, 0.131)	0.068		.977
	Biologiegruppe	0.050 (-0.174, 0.282)	0.115		.666
Religiosität	Philosophiegruppe	-0.330 (-0.560, -0.101)	0.118	-.217	.006
	Biologiegruppe	-0.141(-0.406, 0.118)	0.133	-.087	.290
Sicherheit des Wissens	Philosophiegruppe	0.110 (-0.051, 0.270)	0.082	.103	.185
	Biologiegruppe	0.310 (0.098, 0.528)	0.109	.230	.005
Religiosität*Sicherheit des Wissens	Philosophiegruppe	-0.092 (-0.365, .179)	0.140	-.052	.508
	Biologiegruppe	0.340 (-0.027, 0.707)	0.188	.144	.073

Das Mehrebenen-Regressionsmodell mit der Skala Sicherheit des Wissens offenbart, dass zum Zeitpunkt des Prätests nur die Religiosität ($\beta = -.217$, $p = .006$) einen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution ausübt in der Philosophiegruppe. In der Biologiegruppe erweist sich die Sicherheit des Wissens ($\beta = .203$, $p = .005$) als signifikanter Prädiktor; der Moderationseffekt wird marginal signifikant ($\beta = .144$, $p = .073$). Alle Faktoren des Modells erklären 6,2% der Varianz in der Philosophiegruppe und 9,5% der Varianz in der Biologiegruppe.

9.3.3 Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung im Posttest

In der Untersuchung wurde ein weiteres, ordinales Instrument zur Erfassung der Akzeptanz der Evolution eingesetzt, welches mögliche Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung berücksichtigt (vgl. Kapitel 8.2.1). Die Zusammenhänge der so gemessenen Akzeptanz mit anderen Konstrukten wurden ausschliesslich deskriptiv ausgewertet. Das ursprünglich verwendete Instrument ermöglichte eine Wahl zwischen acht Positionen sowie der Antwort «ich weiss nicht». Da einige Positionen nur in geringem Masse gewählt wurden, wurden diese zu grösseren Kategorien zusammengefasst. Die neue, vereinfachte Kategorisierung findet sich in der Tabelle 61.

Tabelle 61: Zusammengefasste Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung

1: Wörtlicher Kreationismus	1: Nicht-Akzeptanz der Evolution
2: Höhere Gattungen erschaffen	
3: Nur Menschen erschaffen	
4: Progressive Schöpfung	
5: Theistische Evolution	2: Göttliche Evolution
6: Deistische Evolution	
7: Agnostische Evolution	3: Agnostische Evolution
8: Atheistische Evolution	4: Atheistische Evolution

Die ersten vier Positionen, welche eine Nicht-Akzeptanz der Evolution implizieren, wurden zu einer Kategorie zusammengefasst. Unter dem Begriff der göttlichen Evolution wurden die deistische und theistische Evolution subsumiert. Als dritte Position verblieb die agnostische und als vierte Position die atheistische Evolution. Für die deskriptive Auswertung der Daten wurden die Faktorenwerte der Messmodelle der gesamten Stichprobe verwendet. Die Abbildung 22 stellt den Zusammenhang von Religiosität und den gewählten Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung der Philosophie- und Biologiegruppe dar. Die Mittelwerte der Faktorenwerte der einzelnen Gruppen sind in der Abbildung ebenfalls ersichtlichen.

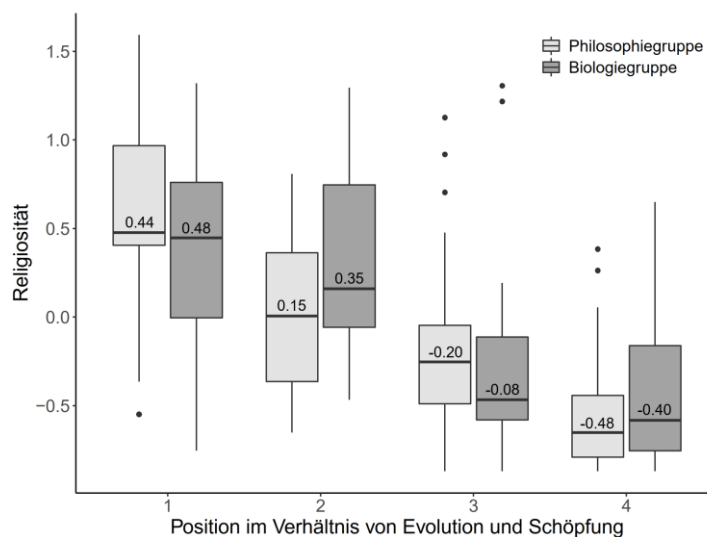


Abbildung 22: Boxplot zur Religiosität nach Position im Verhältnis zu Evolution und Schöpfung im Posttest in der Philosophiegruppe ($N = 145$) und Biologiegruppe ($N = 118$). 1 = Nicht-Akzeptanz der Evolution, 2 = göttliche Evolution, 3 = agnostische Evolution, 4 = atheistische Evolution.

Personen, welche Positionen wählen, die den naturwissenschaftlichen Vorstellungen widersprechen, weisen höhere Religiositätswerte auf. Die Identifikation mit der Position der atheistischen Evolution impliziert hingegen eine tiefe Ausprägung in

der Religiositätsskala. In der Biologiegruppe zeigen die Personen der zweiten und dritten Gruppe eine höhere Religiosität, als dies in der Philosophiegruppe der Fall ist.

Die Abbildung 23 gibt eine Übersicht zum Zusammenhang der Skala Entwicklung des Wissens sowie den bereits beschriebenen vier Positionen. In der Philosophiegruppe weisen Personen, welche sich einer agnostischen Position zuordnen, die höchsten Werte auf. Werden Positionen gewählt, welche einer naturwissenschaftlichen Sichtweise widersprechen, sind die Werte demgegenüber am tiefsten. In der Biologiegruppe zeigen Personen, welche sich für eine atheistische Evolution entscheiden, die differenziertesten epistemologischen Überzeugungen. In beiden Gruppen sind bei Personen der ersten und zweiten Gruppe die tiefsten Werte in der Skala Entwicklung des Wissens zu erkennen.

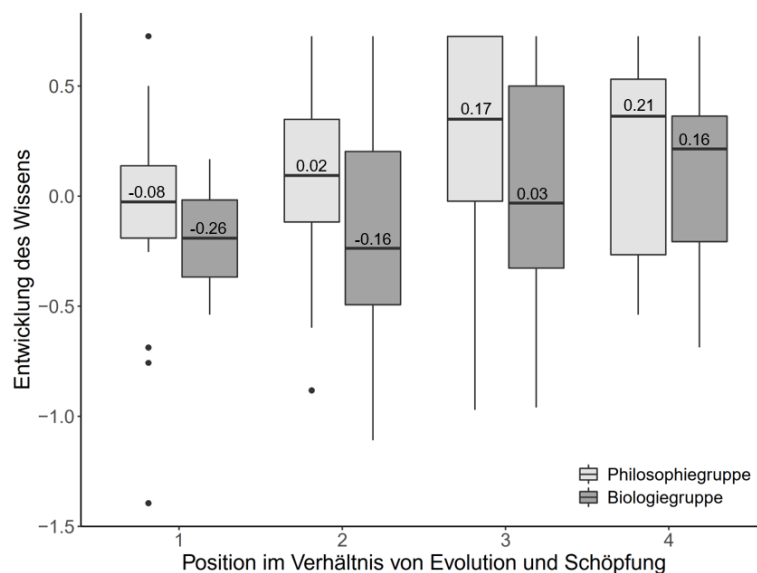


Abbildung 23: Boxplot zur Skala Entwicklung des Wissens nach Position im Verhältnis zu Evolution und Schöpfung im Posttest in der Philosophiegruppe ($N = 159$) und Biologiegruppe ($N = 133$). 1 = Nicht-Akzeptanz der Evolution, 2 = göttliche Evolution, 3 = agnostische Evolution, 4 = atheistische Evolution.

In der Abbildung 24 wird der Zusammenhang zwischen der Skala Sicherheit des Wissens und den verschiedenen Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung ersichtlich. In der Biologiegruppe lässt sich in beiden Skalen der epistemologischen Überzeugungen eine ähnliche Verteilung erkennen. Die tiefsten Werte weisen Personen der ersten und zweiten Gruppe, die höchsten Werte die Personen der dritten und vierten Gruppe auf. In der Philosophiegruppe zeigen sich

deutliche Unterschiede zur zuvor präsentierten Skala Entwicklung des Wissens. Die Mittelwerte aller Gruppen liegen nah beieinander, wobei Personen, welche sich der atheistischen Evolution zuordnen, die tiefste Ausprägung aufweisen.

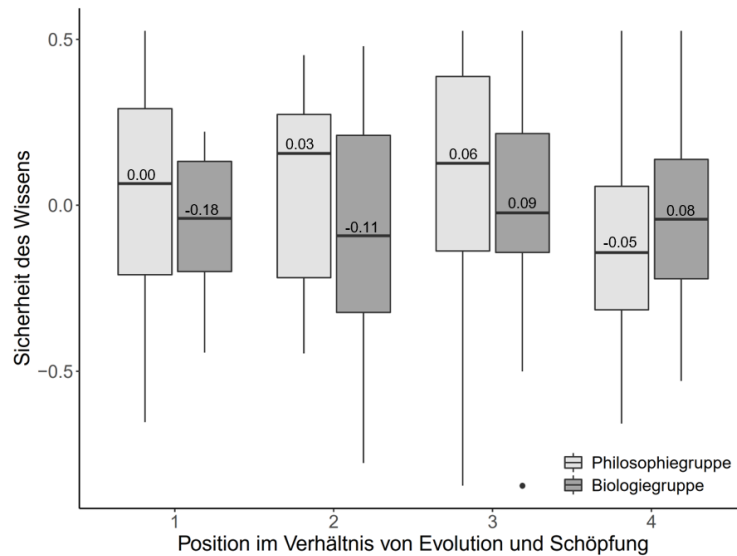


Abbildung 24: Boxplot zur Skala Sicherheit des Wissens nach Position im Verhältnis zu Evolution und Schöpfung im Posttest in der Philosophiegruppe ($N = 159$) und Biologiegruppe ($N = 133$). 1 = Nicht-Akzeptanz der Evolution, 2 = göttliche Evolution, 3 = agnostische Evolution, 4 = atheistische Evolution.

In der Abbildung 25 wird der Zusammenhang der schulischen Leistungsfähigkeit und der verschiedenen Positionen ersichtlich. In beiden Gruppen weisen Personen, welche sich der Position der agnostischen Evolution zugehörig fühlen, die höchsten Werte in der schulischen Leistungsfähigkeit auf. Schüler*innen, welche eine göttliche Einwirkung auf die Evolution annehmen, zeigen tiefere Werte.

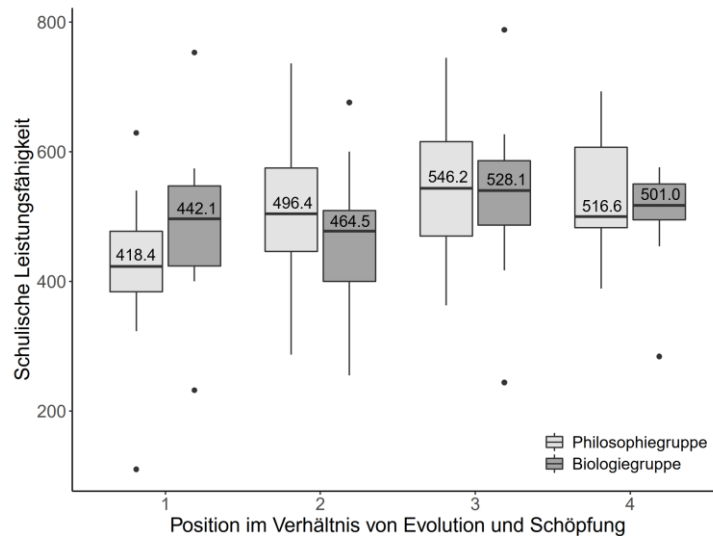


Abbildung 25: Boxplot zur schulischen Leistungsfähigkeit nach Position im Verhältnis zu Evolution und Schöpfung im Posttest in der Philosophiegruppe ($N = 108$) und Biologiegruppe ($N = 82$). 1 = Nicht-Akzeptanz der Evolution, 2 = göttliche Evolution, 3 = agnostische Evolution, 4 = atheistische Evolution.

9.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Abschliessend sollen die Ergebnisse der verschiedenen Analysen vor dem Hintergrund der Hypothesen zusammengefasst werden. Folgende Fragestellung wurde in diesem Kapitel fokussiert:

In welchem Zusammenhang stehen Religiosität, epistemologische Überzeugungen, das Verständnis der Evolution sowie die Akzeptanz der Evolution?

In den folgenden Abschnitten werden die aufgrund der rezipierten Literatur formulierten Hypothesen in Bezug zu den Ergebnissen gesetzt.

Die Religiosität hat einen negativen Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution.

Zum Zeitpunkt des Prätests findet sich in der Philosophiegruppe ein signifikanter Effekt der Religiosität auf die Akzeptanz der Evolution. In der Biologiegruppe hingegen kann kein solcher Zusammenhang festgestellt werden. Die Ergebnisse zum Zeitpunkt des Posttests zeigen sich uneindeutiger. In der Philosophiegruppe erweist sich die Religiosität in den Strukturgleichungsmodellen ohne Hinzunahme weiterer Variablen als marginal signifikanter Prädiktor. Werden weitere Konstrukte in das Modell integriert, verliert die Religiosität an Bedeutung. In den Mehrebenen-Regressionsmodellen unter Berücksichtigung der Klassenzugehörigkeit wird hinge-

gen ein signifikanter Einfluss sichtbar – auch wenn für weitere Variablen kontrolliert wird. Dieses Ergebnis wird unterstützt durch die hierarchischen Strukturgleichungsmodelle, welche jedoch unter Vorbehalt interpretiert werden müssen. Auch in der deskriptiven Auswertung des zweiten Akzeptanzinstrumentes kann ein deutlicher Zusammenhang festgestellt werden. In der Korrelationsmatrix bleibt der Zusammenhang der beiden Konstrukte über die zwei Zeitpunkte hinweg beinahe identisch. In der Biologiegruppe zeigt die Religiosität nach der Unterrichtseinheit weder in den Strukturgleichungsmodellen noch den Mehrebenen-Regressionsmodellen einen signifikanten Effekt. In der deskriptiven Auswertung zum zweiten eingesetzten Akzeptanzinstrument wird dieser Zusammenhang jedoch wiederum sichtbar. Weiter zeigt die Korrelationsmatrix, dass die Stärke des Zusammenhangs in dieser Stichprobe über die zwei Zeitpunkte hinweg etwas an Stärke einbüsst. Die Ergebnisse insgesamt deuten darauf hin, dass der Religiosität in der Philosophiegruppe eine grössere Bedeutung für die Akzeptanz der Evolution zukommt, als dies in der Biologiegruppe der Fall ist.

Die Religiosität hat einen negativen Einfluss auf das Verständnis der Evolution

Für das Verständnis der Evolution vor der Unterrichtseinheit wurden keine Modelle erstellt, da kaum Varianz erklärt werden konnte. Zum Zeitpunkt des Posttests existieren weder in Philosophie- noch Biologiegruppe signifikante Zusammenhänge zwischen den Variablen. Unter Berücksichtigung weiterer Konstrukte sowie der Klassenebene in den Mehrebenen-Regressionsmodellen können ebenfalls keine signifikanten Effekte festgestellt werden. Es scheint also, dass die Religiosität unter Berücksichtigung weiterer Faktoren kein entscheidender Faktor für das Verständnis der Evolution darstellt.

Differenzierte epistemologische Überzeugungen wirken sich positiv auf die Akzeptanz der Evolution aus.

Die epistemologischen Überzeugungen wurden mithilfe von zwei Skalen operationalisiert, deren Wirkung in jeweils getrennten Modellen berechnet wurde. Die Ergebnisse der zwei Skalen unterscheiden sich teilweise, so dass eine eindeutige Beurteilung der Hypothese nicht möglich ist. Vor der Unterrichtseinheit erweist sich die Skala Entwicklung des Wissens in beiden Gruppen als signifikanter Prädiktor;

die Skala Sicherheit des Wissens zeigt jedoch nur in der Biologiegruppe einen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz. Nach der Unterrichtseinheit zeigt sich ein identisches Muster, die Effektstärken nehmen jedoch zu. Die Ergebnisse werden unterstützt von den deskriptiven Analysen zum ordinalen Akzeptanzinstrument. Die Zusammenhänge sind in der Biologiegruppe in allen Modellen deutlich stärker ausgeprägt.

Differenzierte epistemologische Überzeugungen wirken sich positiv auf das Verständnis der Evolution aus.

Für das Verständnis der Evolution vor der Unterrichtseinheit wurden keine Modelle erstellt, da kaum Varianz erklärt werden konnte. Im Posttest zeigen sich in beiden Interventionsgruppen und in allen erstellten Modellen signifikante Zusammenhänge zwischen beiden Skalen der epistemologischen Überzeugungen und dem Verständnis der Evolution. Die Effekte sind in der Biologiegruppe wiederum stärker ausgeprägt.

Das Verständnis der Evolution steht im Zusammenhang mit der Akzeptanz der Evolution.

Der Zusammenhang der beiden abhängigen Variablen wurde nur für den Zeitpunkt des Posttests mithilfe inferenzstatistischer Methoden untersucht. In den Strukturgleichungsmodellen zeigt sich unter Berücksichtigung der Religiosität in beiden Interventionsgruppen ein signifikanter Zusammenhang. Wird die Skala Entwicklung des Wissens in das Modell integriert, verschwindet die Korrelation, bei Hinzunahme der Skala Sicherheit des Wissens bleibt diese (teilweise) erhalten.

Differenzierte epistemologische Überzeugungen moderieren den Einfluss der Religiosität auf die Akzeptanz.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bieten keine Belege für den postulierten Moderationseffekt. Vielmehr zeigt sich eine gegenteilige Einflussnahme. In der Biologiegruppe, nicht aber in der Philosophiegruppe, scheint die Religiosität den Effekt der epistemologischen Überzeugungen auf die Akzeptanz zu moderieren. Folglich sinkt der Einfluss der epistemologischen Überzeugungen auf die Akzeptanz der Evolution bei zunehmender Religiosität. Dieser Effekt zeigt sich jedoch nur zum

Zeitpunkt des Posttests mit der Skala Entwicklung des Wissens. Vor der Unterrichtseinheit zeigt sich in der Biologiegruppe ein marginal signifikanter Moderationseffekt der Religiosität auf den Zusammenhang der Skala Sicherheit des Wissens und der Akzeptanz der Evolution.

9.4 Forschungsfrage 2: Zusammenhang verschiedener Konstrukte mit der Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft

Die Forschungsfrage 2 bezieht sich auf ein Instrument, welches die Schüler*innen nach ihrer Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft fragte. Zur Auswahl standen vier Möglichkeiten:

- Konflikt (1): Naturwissenschaft und Religion widersprechen sich häufig. Nur die Naturwissenschaft bietet sicheres Wissen.
- Konflikt (2): Religion und Naturwissenschaft widersprechen sich häufig. Nur die Religion bietet sicheres Wissen.
- Kontrast: Naturwissenschaft und Religion können sich nicht widersprechen. Beide beschäftigen sich mit unterschiedlichen Fragen und verwenden dazu unterschiedliche Methoden.
- Ergänzung: Naturwissenschaft und Religion können sich nicht widersprechen. Sie betrachten die Welt aus zwei unterschiedlichen Perspektiven. Für ein vollständiges Bild der Wirklichkeit brauchen wir beide.

Die Zusammenhänge zwischen der Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft und weiteren Variablen werden ausschliesslich deskriptiv ausgewertet und mithilfe von Boxplots visualisiert. Zusätzlich zum dargestellten Median wurden die jeweiligen Mittelwerte eingetragen. Da sich nur eine sehr geringe Anzahl an Schüler*innen – insgesamt waren dies elf – für die zweite Auswahlmöglichkeit entschied, wurden beide Interventionsgruppen gemeinsam analysiert und es wurde auf inferenzstatistische Verfahren verzichtet. Dieses Vorgehen wurde weiter gewählt, da es sich beim Instrument um eine Eigenentwicklung handelt, dessen Validität stark eingeschränkt ist. Für die Auswertung der Daten wurden die Faktorenwerte der Messmodelle der gesamten Stichprobe verwendet. Im ersten Teil des Kapitels werden die Ergebnisse dargestellt, welche anschliessend in einem zweiten Teil im Kontext der postulierten Hypothesen zusammengefasst werden. Aufgrund der ausschliesslich deskriptiven Analyse können die postulierten Hypothesen jedoch nicht überprüft werden.

9.4.1 Deskriptive Auswertung

Die Abbildung 26 zeigt die Religiosität der gesamten Interventionsgruppe nach Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft. Am wenigsten religiös sind Personen, welche einen Konflikt erkennen und ausschliesslich naturwissenschaftliches Wissen für sicher halten. Lernende, welche eine Konfliktperspektive einnehmen und primär religiöses Wissen als verlässlich erachten, weisen die höchsten Werte in der Religiositätsskala auf.

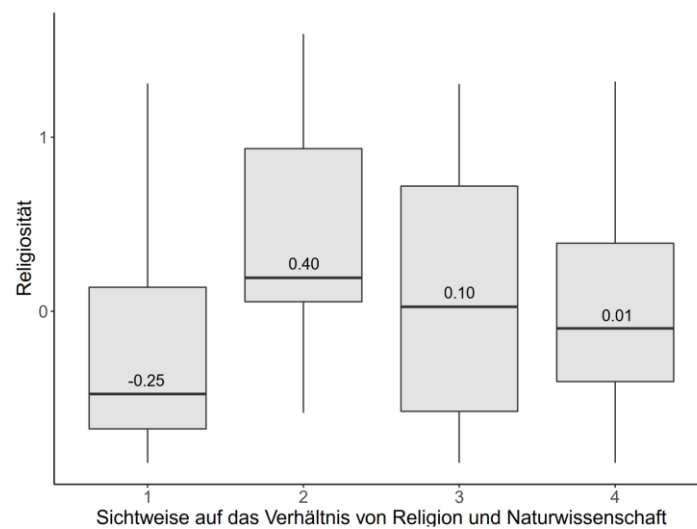


Abbildung 26: Boxplot zur Religiosität nach Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im Posttest in der gesamten Interventionsgruppe ($N = 301$). 1 = Konflikt (1), 2 = Konflikt (2), 3 = Kontrast, 4 = Ergänzung.

Die Abbildung 27 zeigt den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Sichtweisen auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft und der Skala Entwicklung des Wissens. Schüler*innen, welche Religion und Naturwissenschaft als sich ergänzende Bereiche wahrnehmen, weisen die differenziertesten epistemologischen Überzeugungen in Bezug auf die gewählte Skala auf. Entscheiden sich Lernende für die Position Konflikt (2), zeigen sie die tiefsten Werte in der Skala.

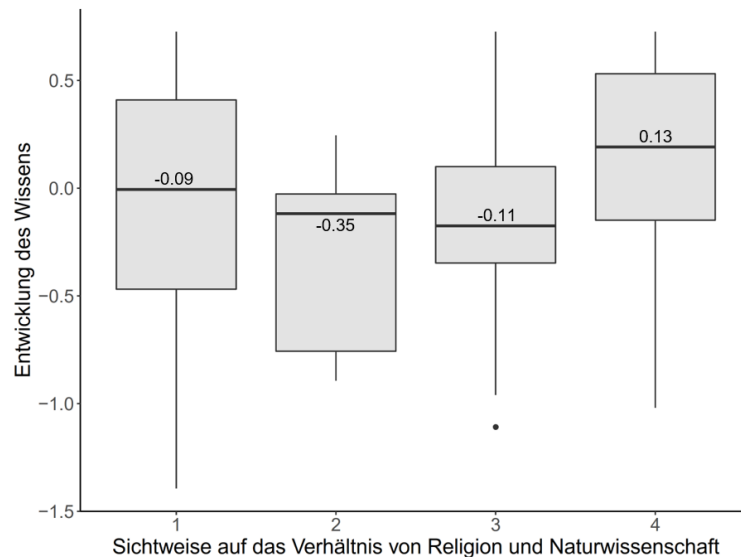


Abbildung 27: Boxplot zur Skala Entwicklung des Wissens nach Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im Posttest in der gesamten Interventionsgruppe (N = 333). 1 = Konflikt (1), 2 = Konflikt (2), 3 = Kontrast, 4 = Ergänzung.

In der Abbildung 28 wird der Zusammenhang zwischen der Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft und der Skala Sicherheit des Wissens grafisch dargestellt. Wiederum weisen Personen, welche sich der vierten Position zuordnen, die höchsten Werte in der Skala Sicherheit des Wissens auf. In den restlichen Positionen liegen die Werte nah beieinander.

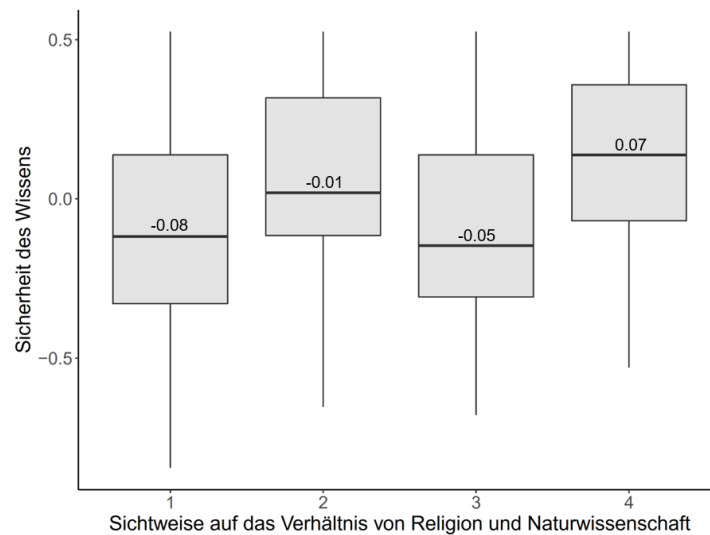


Abbildung 28: Boxplot zur Skala Sicherheit des Wissens nach Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im Posttest in der gesamten Interventionsgruppe (N = 333). 1 = Konflikt (1), 2 = Konflikt (2), 3 = Kontrast, 4 = Ergänzung.

In der Abbildung 29 sind die Akzeptanzwerte der einzelnen Sichtweisen auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft ersichtlich. Die geringste Akzeptanz der Evolution weisen Schüler*innen auf, welche einen Konflikt zwischen Religion und Naturwissenschaft wahrnehmen und ausschliesslich religiöses Wissen als sicher betrachten. Bei den übrigen Auswahlmöglichkeiten sind keine Unterschiede in der Akzeptanz der Evolution erkennbar.

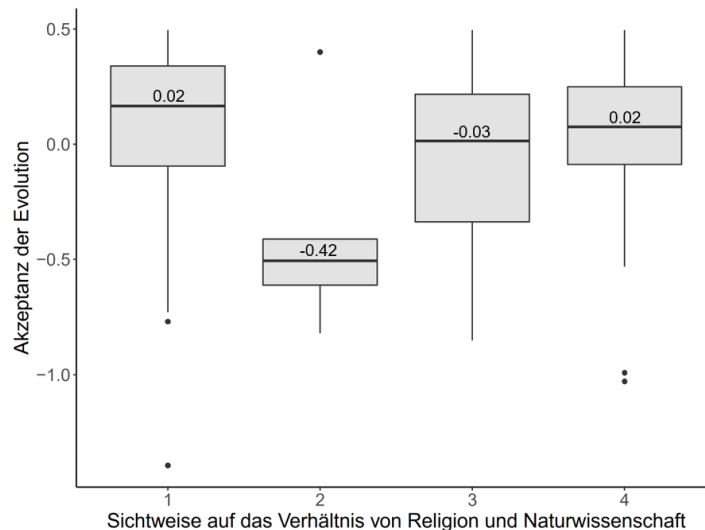


Abbildung 29: Boxplot zur Akzeptanz der Evolution nach Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im Posttest in der gesamten Interventionsgruppe ($N = 333$). 1 = Konflikt (1), 2 = Konflikt (2), 3 = Kontrast, 4 = Ergänzung.

9.4.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Abschliessend sollen die Ergebnisse der deskriptiven Analysen vor dem Hintergrund der Hypothesen zusammengefasst werden. Folgende Fragestellung wurde in diesem Kapitel fokussiert:

In welchem Zusammenhang steht die Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft mit der Religiosität, den epistemologischen Überzeugungen sowie der Akzeptanz der Evolution?

Im folgenden Abschnitt werden die aufgrund der rezipierten Literatur formulierten Hypothesen in Bezug zu den Ergebnissen gesetzt.

Personen, welche keinen Konflikt zwischen Religion und Naturwissenschaft wahrnehmen, weisen differenziertere epistemologische Überzeugungen auf.

Personen, welche einen Konflikt zwischen Religion und Naturwissenschaften wahrnehmen und primär religiöses Wissen als sicher betrachten, weisen deutlich tiefere Werte in der Skala Entwicklung des Wissens auf. In der Skala Sicherheit des Wissens zeigen sich diese Unterschiede jedoch nicht. Weiter fällt auf, dass diejenigen Personen, welche ebenfalls einen Konflikt zwischen beiden Bereichen wahrnehmen, aber naturwissenschaftliches Wissen als sicher erachten, keine tieferen Werte in den Skalen zu den epistemologischen Überzeugungen aufweisen als Personen, welche die Kontrastperspektive einnehmen. Vergleicht man jedoch die Ergänzungsperspektive mit den beiden Konfliktperspektiven, zeigen sich deutliche Unterschiede. Personen, welche Religion und Naturwissenschaft als sich ergänzend einordnen, weisen deutlich differenziertere epistemologische Überzeugungen auf.

Die Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft beeinflusst die Akzeptanz der Evolution.

Die Ergebnisse der deskriptiven Auswertung deuten darauf hin, dass Personen, welche sich der Konfliktperspektive 2 zuordnen und somit ausschliesslich religiöses Wissen als sicher betrachten, eine deutlich geringere Akzeptanz der Evolution aufweisen. Zwischen den drei weiteren Gruppen zeigen sich jedoch kaum Unterschiede.

9.5 Forschungsfrage 3: Zusammenhänge in den Veränderungen der Konstrukte

Während in den Ergebnissen zu Forschungsfrage 1 die Zusammenhänge zu einem bestimmten Zeitpunkt dargelegt wurden, sollen in diesem Kapitel die Zusammenhänge in den Veränderungen fokussiert werden. Zu diesem Zweck wurden Latent Change Score Modelle (LSCM) erstellt, in welche die Messmodelle der latenten Konstrukte integriert wurden. Einzig für die Variable Verständnis der Evolution wurde der reguläre Mittelwert verwendet, da zum Zeitpunkt des Prätests kein latentes Messmodell erstellt werden konnte. Um eine Vergleichbarkeit der zwei Interventionsgruppen zu ermöglichen, wurde ein Mehrgruppenvergleich durchgeführt. Zu Beginn werden die Ergebnisse der Latent Change Score Modelle präsentiert, welche anschliessend vor dem Hintergrund der Hypothesen zusammengefasst werden.

9.5.1 Latent Change Score Modelle zur Veränderung der Konstrukte

Abbildung 30 und 31 visualisieren die Latent Change Score Modelle der Philosophie- und Biologiegruppe für die abhängige Variable Verständnis der Evolution sowie die unabhängige Variable Entwicklung des Wissens (Modell 1). In keiner der Gruppen zeigt sich ein signifikanter Effekt der Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens ($\beta = .193, p = .881$; $\beta = .613, p = .092$) auf die Veränderung des Verständnisses der Evolution, obschon der Zusammenhang in der Biologiegruppe deutlich stärker ausfällt. Sowohl in der Philosophie- ($\beta = .246, p < .001$) als auch in der Biologiegruppe ($\beta = -.444, p < .001$) wirkt sich das Verständnis im Prätest negativ auf die Veränderung der Akzeptanz aus; je tiefer das Verständnis zu Beginn, desto höher der Zuwachs über die zwei Zeitpunkte hinweg. Die in das Modell integrierten Faktoren erklären in der Philosophiegruppe 9.9% und in der Biologiegruppe 51.9% der Varianz der Veränderung des Verständnisses der Evolution.

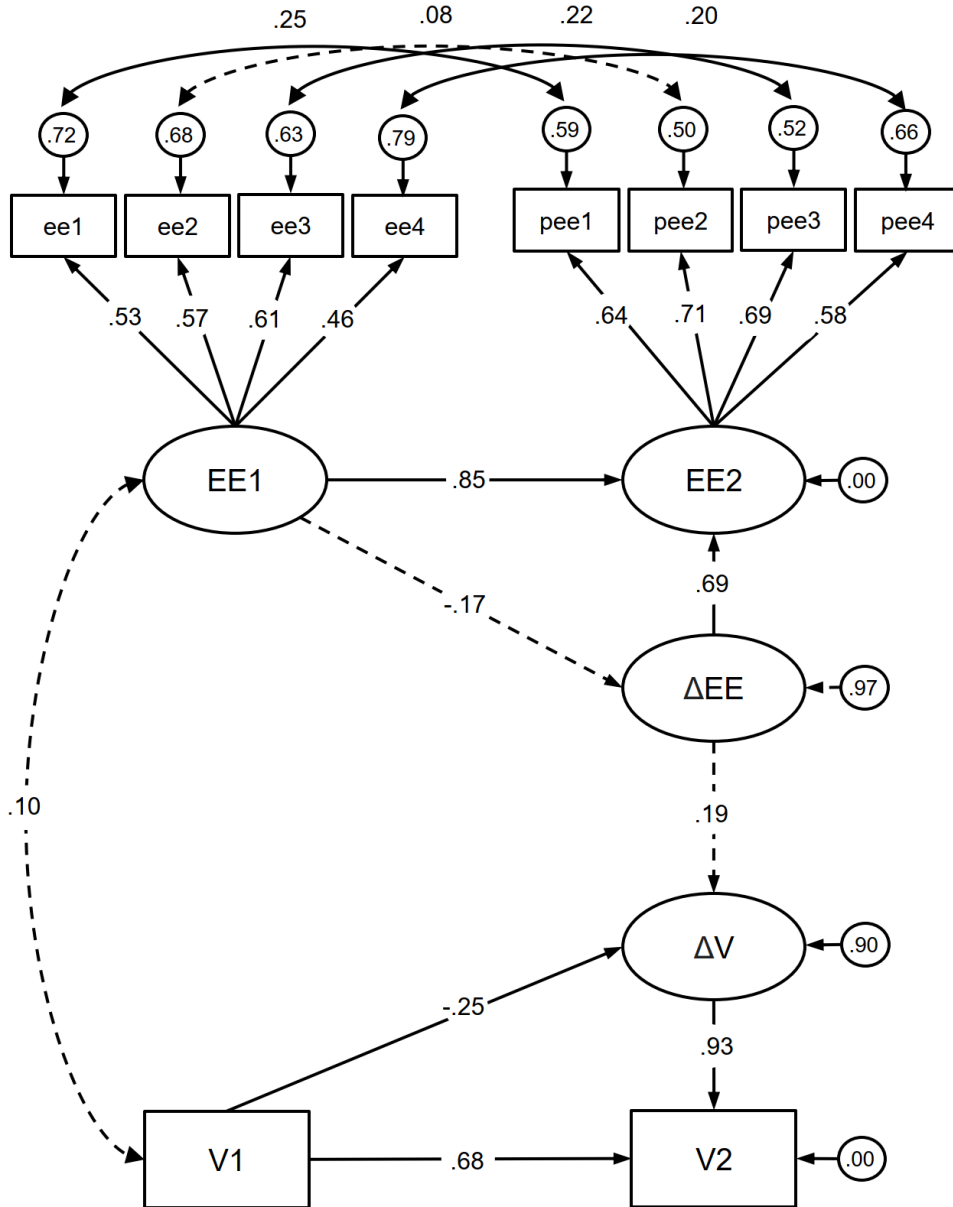


Abbildung 30: Latent Change Score Modell 1 für die Philosophiegruppe ($N = 180$) mit den Skalen Entwicklung des Wissens und Verständnis der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. V1 = Verständnis Prätest, V2 = Verständnis Posttest, ΔV = Veränderung Verständnis, EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, ΔEE = Veränderung Entwicklung des Wissens.

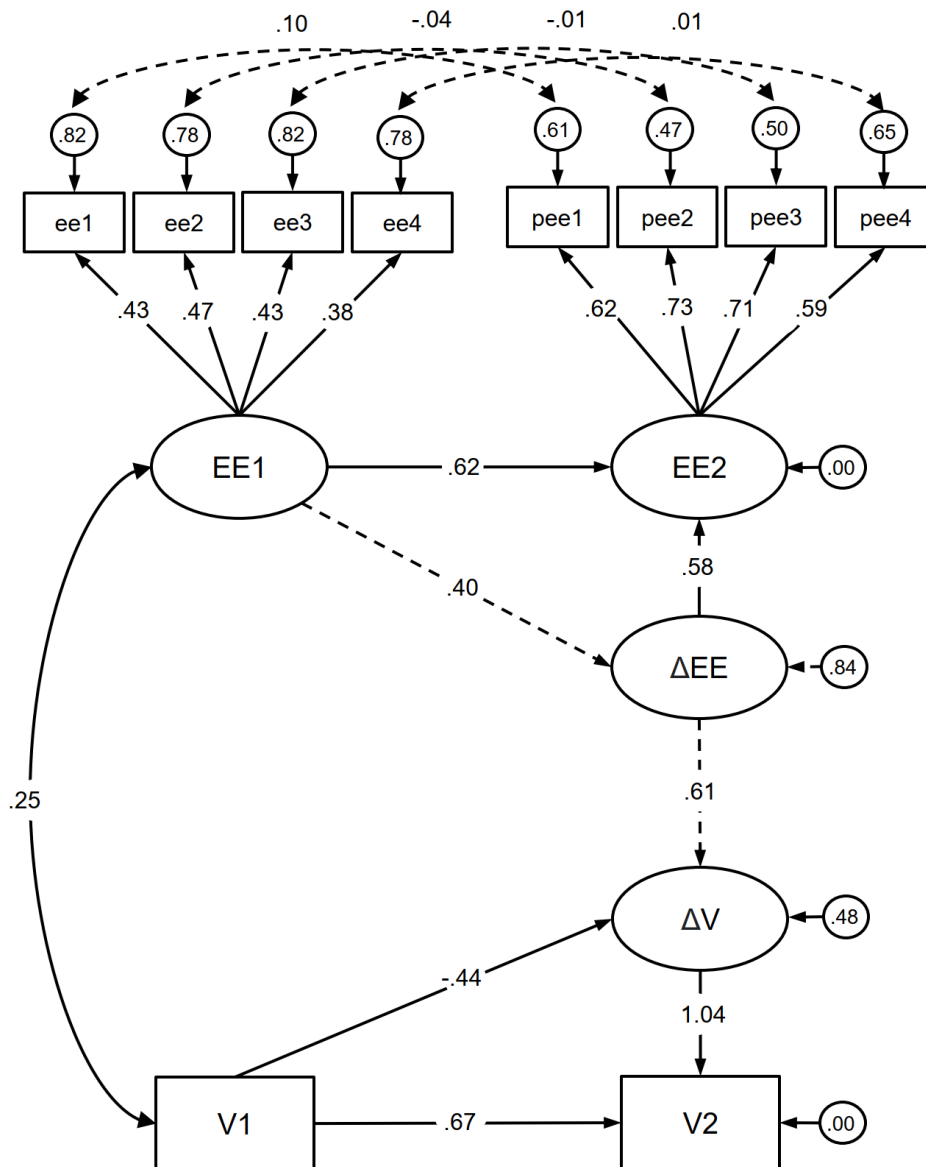


Abbildung 31: Latent Change Score Modell 1 für die Biologiegruppe ($N = 153$) mit den Skalen Entwicklung des Wissens und Verständnis der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. V1 = Verständnis Prätest, V2 = Verständnis Posttest, ΔV = Veränderung Verständnis, EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, ΔEE = Veränderung Entwicklung des Wissens.

Abbildung 32 und Abbildung 33 visualisieren das Latent Change Score Modell für die Philosophie- sowie die Biologiegruppe mit der Zielvariable Verständnis der Evolution und der unabhängigen Variable Sicherheit des Wissens (Modell 2). Auch in diesem Modell zeigen sich keine signifikanten Effekte der Veränderung der Skala Sicherheit des Wissens ($\beta = .234, p = .722$; $\beta = .534, p = .327$) auf die Veränderung des Verständnisses der Evolution. Wiederum sind die Zusammenhänge in der Biologiegruppe deutlich stärker ausgeprägt. Ein tiefer Anfangswert im Verständnis der Evolution führt jedoch auch in diesem Modell zu einem stärkeren Zuwachs; dies gilt für die Philosophie- ($\beta = -.250, p < .001$) als auch die Biologiegruppe ($\beta = -.422, p < .001$). Die in das Modell integrierten Faktoren erklären in der Philosophiegruppe 11.2% und in der Biologiegruppe 41.7% der Varianz der Veränderung des Verständnisses der Evolution.

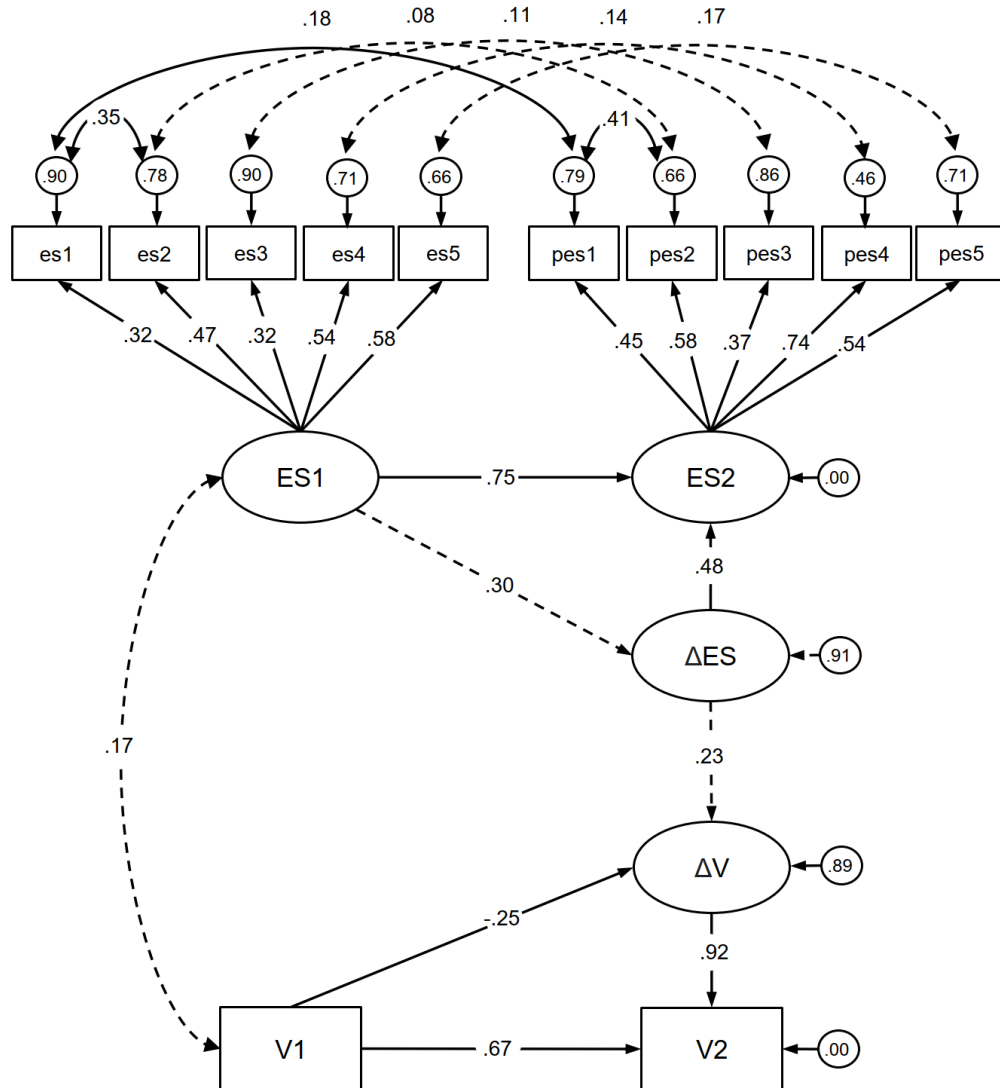


Abbildung 32: Latent Change Score Modell 2 für die Philosophiegruppe ($N = 180$) mit den Skalen Sicherheit des Wissens und Verständnis der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. V1 = Verständnis Prätest, V2 = Verständnis Posttest, ΔV = Veränderung Verständnis, ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, ΔES = Veränderung Sicherheit des Wissens.

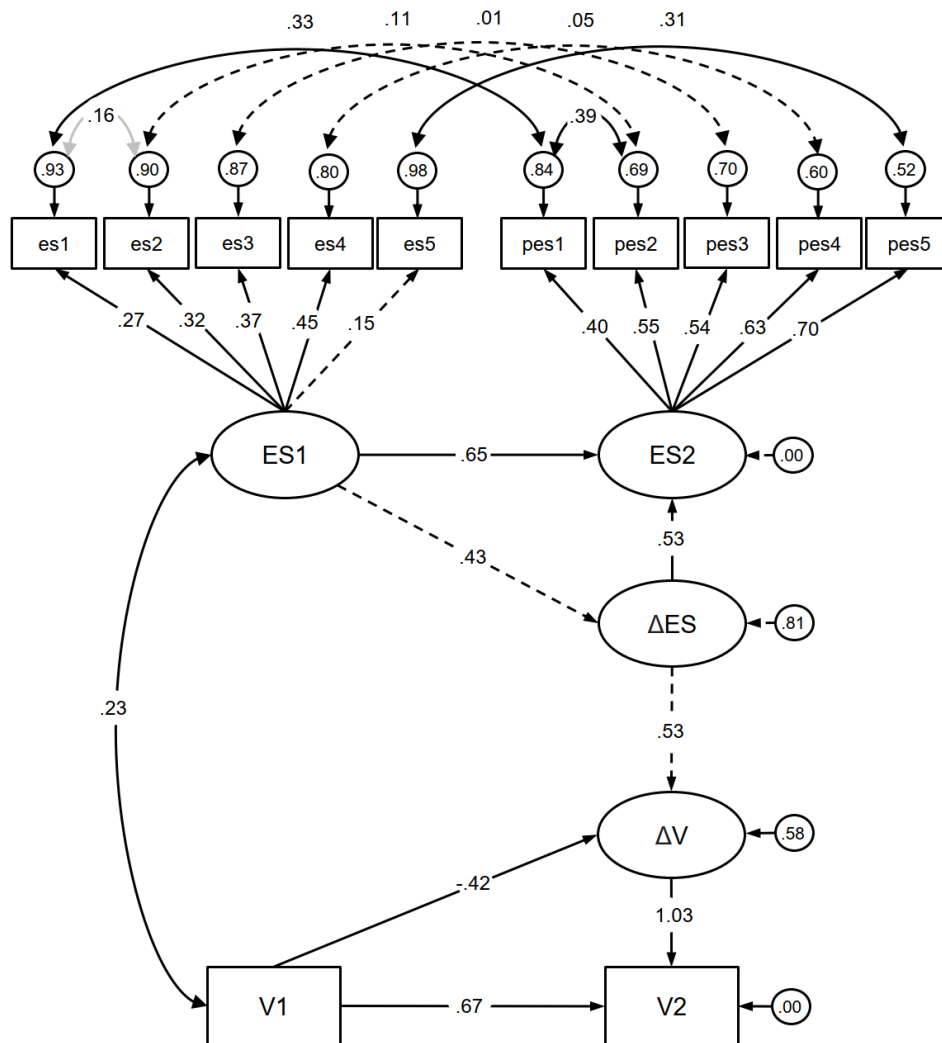


Abbildung 33: Latent Change Score Modell 2 für die Biologiegruppe ($N = 153$) mit den Skalen Sicherheit des Wissens und Verständnis der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. V1 = Verständnis Prätest, V2 = Verständnis Posttest, ΔV = Veränderung Verständnis, ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, ΔES = Veränderung Sicherheit des Wissens.

Die Abbildungen 34 und 35 stellen das Modell und somit die Zusammenhänge in den Veränderungen für die Skalen Akzeptanz der Evolution und Entwicklung des Wissens grafisch dar (Modell 3). Hier treten nun Unterschiede in den beiden Gruppen zutage. Während eine positive Veränderung in der Skala Entwicklung des Wissens in der Biologiegruppe ($\beta = .603, p = .012$) zu einer positiven Veränderung der Akzeptanz führt, ist dieser Zusammenhang in der Philosophiegruppe ($\beta = .104, p = .862$) nur schwach ausgeprägt und nicht signifikant. Personen, welche zu Beginn der Unterrichtseinheit eine tiefere Akzeptanz aufweisen, können in beiden Interventionsgruppen höhere Zugewinne in dieser Skala verzeichnen ($\beta = -.393, p = .001; \beta = -.619, p < .001$); der Effekt ist in der Biologiegruppe stärker ausgeprägt. Das Modell erklärt in der Philosophiegruppe insgesamt 17.1% und in der Biologiegruppe 66.1% der Varianz der Veränderung der Akzeptanz der Evolution.

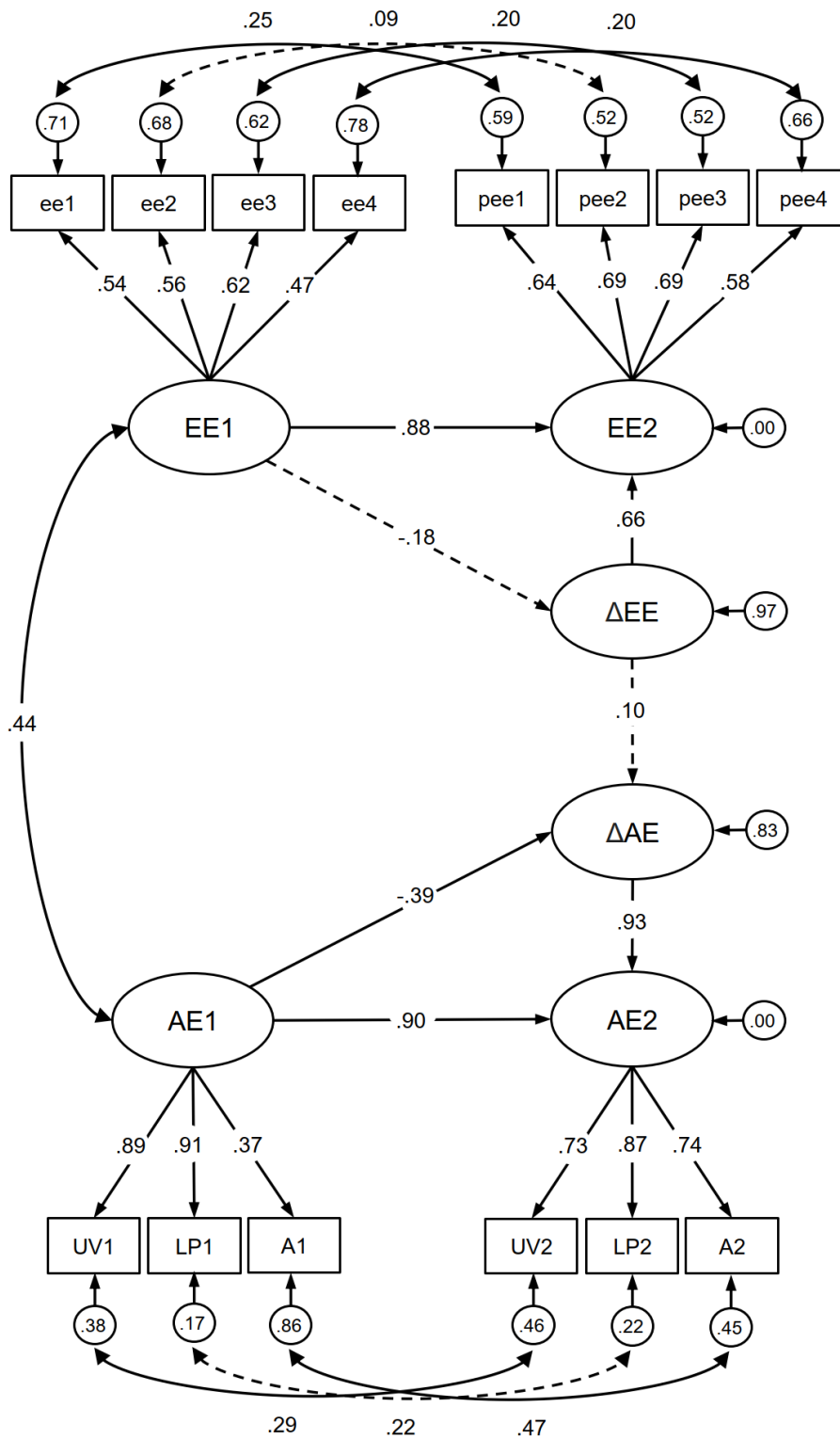


Abbildung 34: Latent Change Score Modell 3 für die Philosophiegruppe (N = 180) mit den Skalen Entwicklung des Wissens und Akzeptanz der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. AE1 = Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, ΔAE = Veränderung Akzeptanz, EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, ΔEE = Veränderung Entwicklung des Wissens.

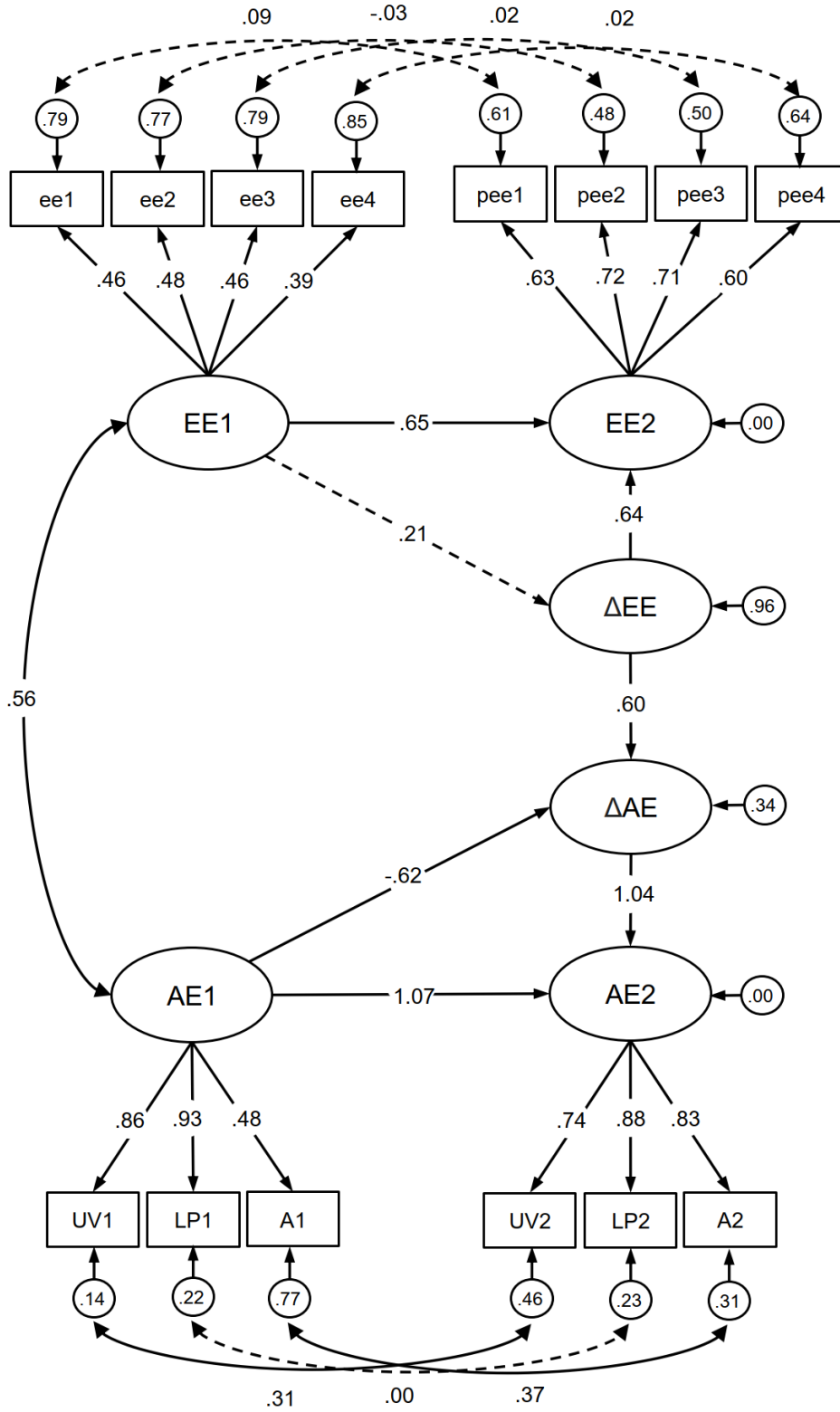


Abbildung 35: Latent Change Score Modell 3 für die Biologiegruppe ($N = 153$) mit den Skalen Entwicklung des Wissens und Akzeptanz der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. AE1 = Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, Δ AE = Veränderung Akzeptanz, EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, Δ EE = Veränderung Entwicklung des Wissens.

Die Abbildungen 36 und 37 stellen das Modell 4 und somit die Zusammenhänge in den Veränderungen für die Skalen Akzeptanz der Evolution und Sicherheit des Wissens grafisch dar. Weder in der Philosophie- ($\beta = .297, p = .504$) noch in der Biologiegruppe ($\beta = .389, p = .392$) ergeben sich signifikante Werte für den Einfluss der Veränderung der Skala Sicherheit des Wissens auf die Veränderung der Akzeptanz der Evolution. Wiederum zeigen Schüler*innen mit zu Beginn tieferen Akzeptanzwerten einen höheren Zuwachs während der Unterrichtseinheit ($\beta = -.373, p = .001$; $\beta = -.529, p < .001$); der Effekt ist in der Biologiegruppe stärker. Das Modell erklärt in der Philosophiegruppe insgesamt 22.4% und in der Biologiegruppe 43.1% der Varianz der Veränderung der Akzeptanz der Evolution.

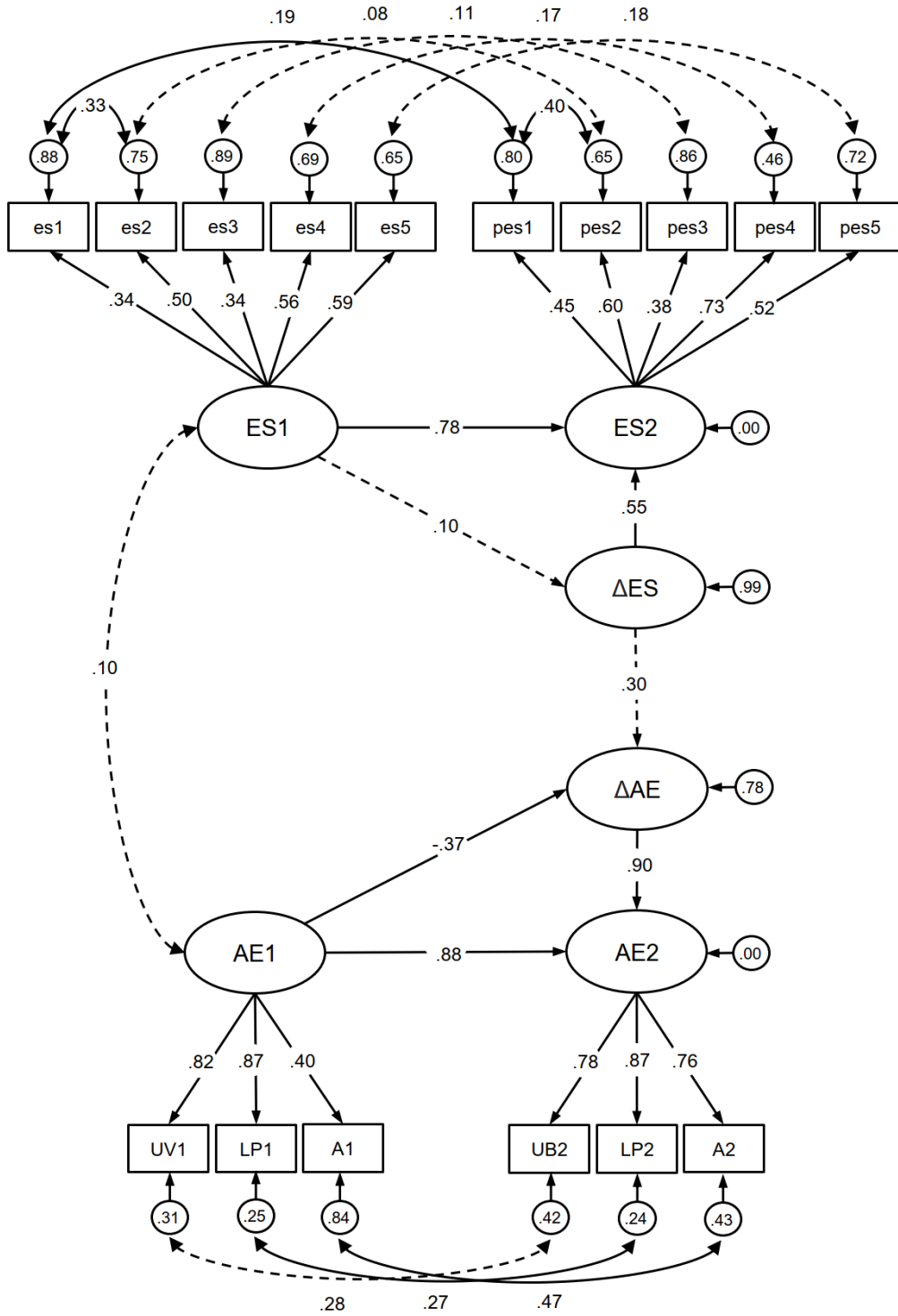


Abbildung 36: Latent Change Score Modell 4 für die Philosophiegruppe (N = 180) mit den Skalen Sicherheit des Wissens und Akzeptanz der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. AE1 = Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, ΔAE = Veränderung Akzeptanz, ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, ΔES= Veränderung Sicherheit des Wissens.

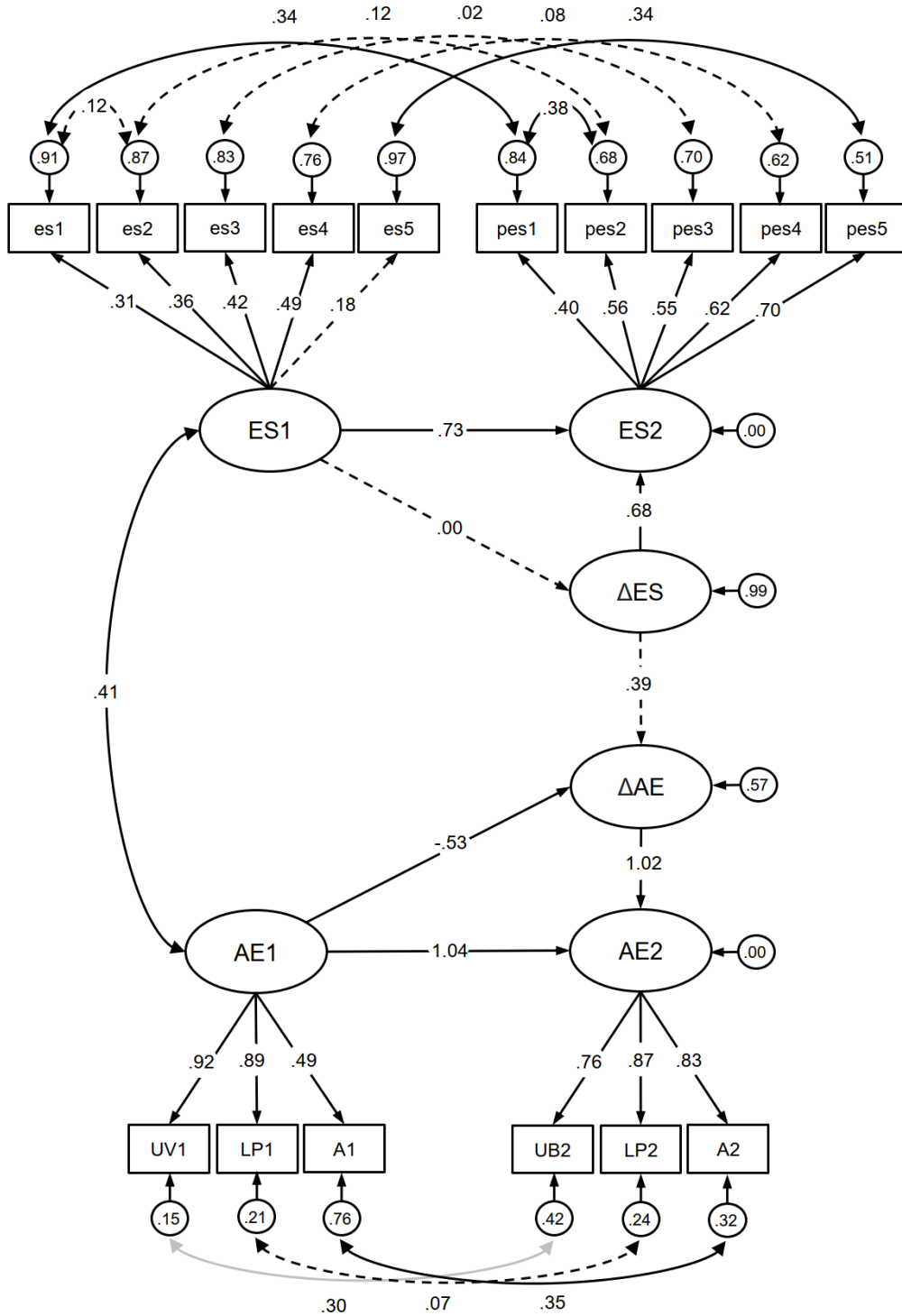


Abbildung 37: Latent Change Score Modell 4 für die Biologiegruppe ($N = 153$) mit den Skalen Sicherheit des Wissens und Akzeptanz der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. AE1 = Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, ΔAE = Veränderung Akzeptanz, ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, ΔES = Veränderung Sicherheit des Wissens.

Die Fit Werte der Modelle sind in der Tabelle 62 ersichtlich. In den Modellen 1, 2 und 3 können diese als gut oder akzeptabel bezeichnet werden. In Modell 4 erweist sich der p-Wert des Chi-Quadrat-Tests als unzureichend (Schermelleh-Engel et al., 2003).

Tabelle 62: *Fit Werte der Latent Change Score Modelle der Forschungsfrage 3*

Modell	χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
Modell 1	87.564	63	.022	0.959	0.942	.048	.069
Modell 2	119.529	94	.039	0.961	0.945	.040	.054
Modell 3	160.545	136	.074	0.983	0.978	.033	.059
Modell 4	234.545	183	.006	0.966	0.955	.041	.061

9.5.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Abschliessend sollen die Ergebnisse der Latent Change Score Modelle vor dem Hintergrund der Hypothesen zusammengefasst werden. Folgende Fragestellung wurde in diesem Kapitel fokussiert:

Führt eine Veränderung der epistemologischen Überzeugungen während der Unterrichtseinheit zu einer Veränderung der Akzeptanz und des Verständnisses der Evolution?

Im folgenden Abschnitt werden die aufgrund der rezipierten Literatur formulierten Hypothesen in Bezug zu den Ergebnissen gesetzt.

Eine positive Veränderung der epistemologischen Überzeugungen führt zu einer höheren Akzeptanz der Evolution.

Die Hypothese kann nur teilweise erhärtet werden. In der Biologiegruppe zeigt sich ein signifikanter und starker Effekt der Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens auf die Veränderung der Akzeptanz der Evolution. Für die Skala Sicherheit des Wissens kann dieser Effekt nicht belegt werden. In der Philosophiegruppe können keine signifikanten Zusammenhänge in den Veränderungen festgestellt werden.

Eine positive Veränderung der epistemologischen Überzeugungen führt zu einem besseren Verständnis der Evolution.

Diese Hypothese muss aufgrund der dargestellten Latent Change Score Modelle verworfen werden. Weder in der Philosophie- noch in der Biologiegruppe erweisen sich die Skalen zu den epistemologischen Überzeugungen als signifikante Prädiktoren. Die Effektstärke ist in der Biologiegruppe deutlich höher, wird aufgrund des robusten Schätzverfahrens jedoch nicht signifikant.

9.6 Forschungsfrage 4: Einfluss der philosophischen Gespräche auf die Veränderung der Konstrukte

In diesem Kapitel wird in einem ersten Schritt der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf verschiedene Konstrukte untersucht. Dazu wurden Latent Change Score Modelle mit den Zielvariablen Akzeptanz der Evolution, Entwicklung des Wissens und Sicherheit des Wissens und der unabhängigen Variablen der Gruppenzugehörigkeit modelliert. Zum Verständnis der Evolution konnte kein Latent Change Score Modell erstellt werden, da im Prätest kein latentes Messmodell spezifiziert werden konnte. Für diese Variable wurden folglich Mehrebenen-Regressionsanalysen durchgeführt. In einem zweiten Schritt wird der Effekt der Qualität der philosophischen Gespräche auf die bereits genannten abhängigen Variablen fokussiert; demnach wurden in diesem Teil nur die Schüler*innen der Philosophiegruppe in die Untersuchungen integriert. Die Fit Werte aller Modelle finden sich in Tabelle 63. In allen Modellen findet sich eine gute oder akzeptable Anpassungsgüte (Schermeleh-Engel et al., 2003).

Tabelle 63: Fit Werte der Latent Change Score Modelle der Forschungsfrage 4

Modell	χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
Modell 5	28.843	24	.226	0.991	0.986	.025	.044
Modell 6	56.558	38	.027	0.967	0.952	.038	.046
Modell 7	10.541	10	.394	0.999	0.999	.013	.023
Modell 8	26.158	24	.345	0.993	0.989	.022	.061
Modell 9	41.729	38	.312	0.989	0.984	.023	.047
Modell 10	6.176	21	.800	1.000	1.018	.000	.023

9.6.1 Latent Change Score Modelle zum Einfluss der Gruppenzugehörigkeit

Abbildung 38 stellt den Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens dar (Modell 5). Die Gruppenzugehörigkeit hat einen kleinen, aber signifikanten Einfluss auf die Veränderung der abhängigen Variablen ($\beta = -.159, p = .040$); Schüler*innen, welche der Biologiegruppe angehören, verzeichnen folglich etwas weniger starke Zugewinne in der Skala Entwicklung des Wissens zwischen den zwei Erhebungszeitpunkten. Das Modell erklärt 7.6% der Varianz der Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens.

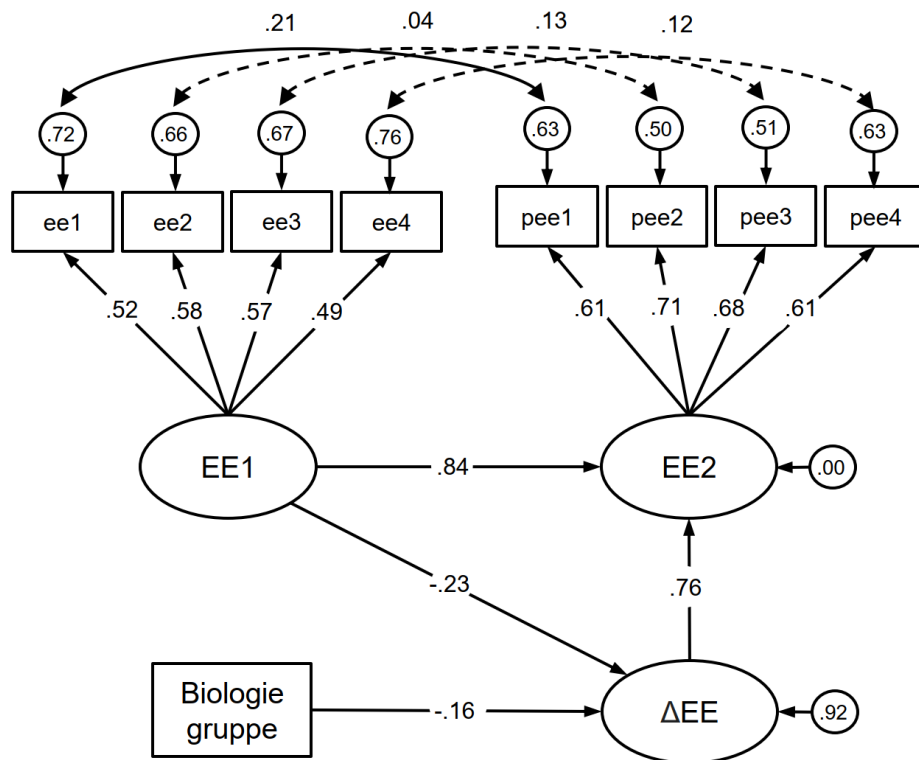


Abbildung 38: Latent Change Score Modell 5 für die gesamte Interventionsgruppe ($N = 333$) mit der abhängigen Variablen Entwicklung des Wissens und der unabhängigen Variablen der Gruppenzugehörigkeit. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, ΔEE = Veränderung Entwicklung des Wissens, Biologiegruppe = Schüler*innen der Biologiegruppe.

Abbildung 39 stellt den Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die Veränderung der Skala Sicherheit des Wissens dar (Modell 6). Die Gruppenzugehörigkeit erweist sich nicht als signifikanter Prädiktor für die Veränderung dieser abhängigen Variablen ($\beta = .027, p = .787$). Das Modell erklärt lediglich 0.4% der Varianz der Veränderung der Skala Sicherheit des Wissens.

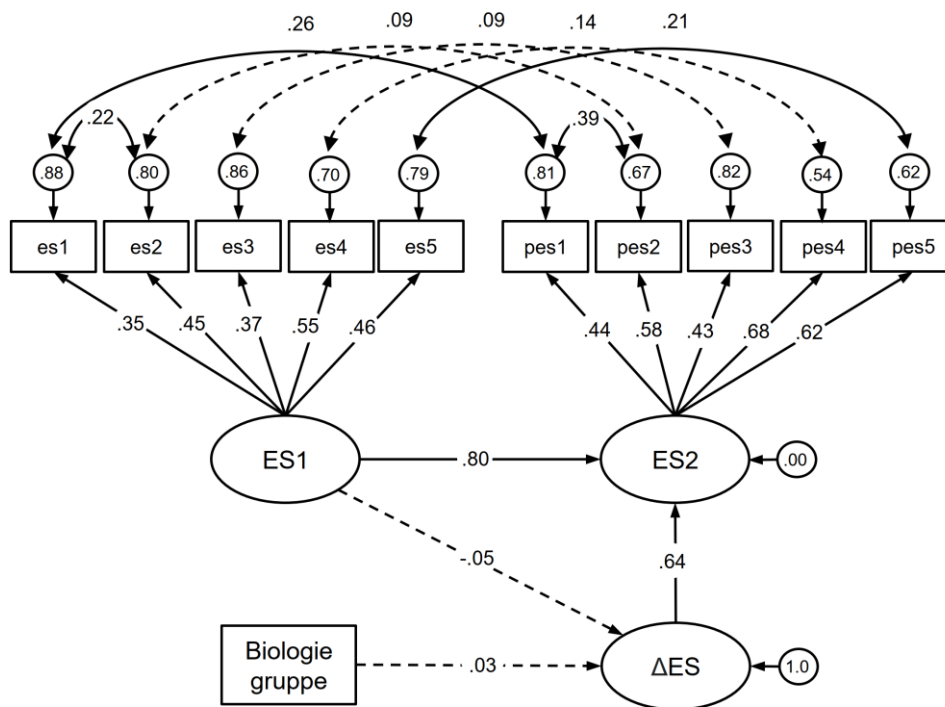


Abbildung 39: Latent Change Score Modell 6 für die gesamte Interventionsgruppe ($N = 333$) mit der abhängigen Variablen Sicherheit des Wissens und der unabhängigen Variablen der Gruppenzugehörigkeit. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, Δ ES = Veränderung Sicherheit des Wissens, Biologiegruppe = Schüler*innen der Biologiegruppe.

In Abbildung 40 wird der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die Veränderung der Akzeptanz der Evolution visualisiert (Modell 7). Ob Schüler*innen der Philosophie- oder Biologiegruppe zugeordnet werden können, hat keinen signifikanten Effekt auf die Veränderung der Akzeptanz ($\beta = .020, p = .711$). Das Modell erklärt 21.5% der Varianz der Veränderung der Akzeptanz der Evolution.

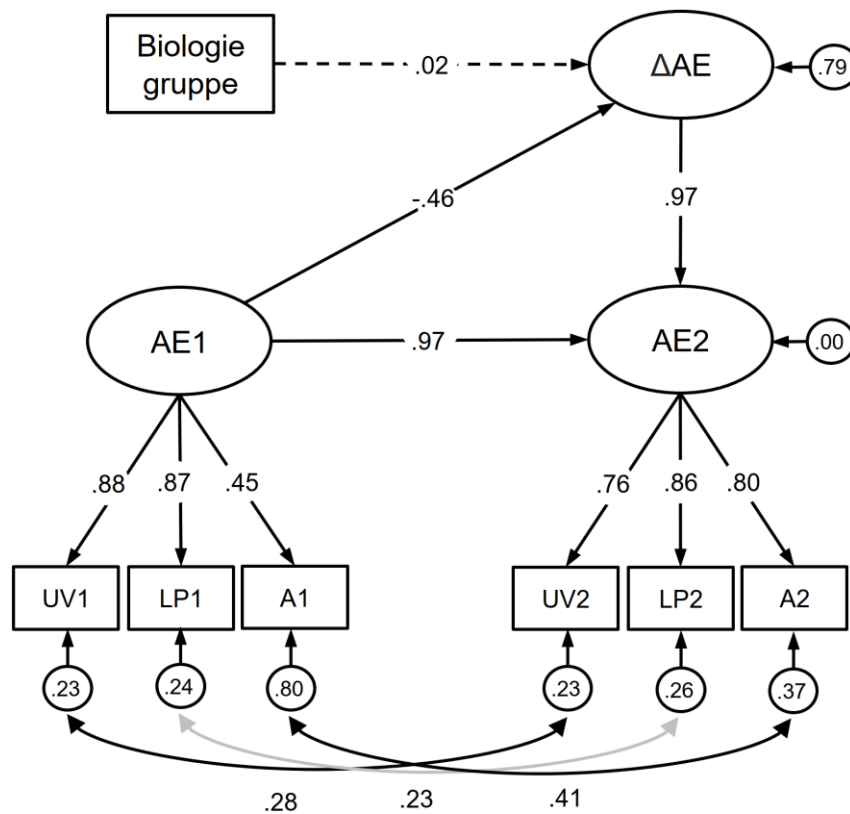


Abbildung 40: Latent Change Score Modell 7 für die gesamte Interventionsgruppe ($N = 333$) mit der abhängigen Variablen Akzeptanz der Evolution und der unabhängigen Variablen der Gruppenzugehörigkeit. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. $AE1$ = Akzeptanz Prätest, $AE2$ = Akzeptanz Posttest, ΔAE = Veränderung Akzeptanz, Biologiegruppe = Schüler*innen der Biologiegruppe.

Die Tabelle 64 stellt die Ergebnisse des Mehrebenen-Regressionsmodells für die abhängige Variable Verständnis der Evolution im Posttest dar. Die Religiosität sowie das Verständnis zum Zeitpunkt des Prätests wurden dabei als Kontrollvariable integriert. Die Gruppenzugehörigkeit hat keinen signifikanten Effekt auf das Verständnis zum Zeitpunkt des Posttests, wenn für das Verständnis zum Zeitpunkt des Prätests kontrolliert wird ($\beta = .051$, $p = .326$).

Tabelle 64: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Verständnis der Evolution im Posttest und unabhängiger Variable Gruppenzugehörigkeit (Marginales R-Quadrat: Gesamte Interventionsgruppe = 0.120, N = 301)*

	<i>B (95%-CI)</i>	<i>SE</i>	β	<i>p</i>
Konstante	0.396 (0.320, 0.473)	0.039		<.001
Verständnis Prä	0.482 (0.330, 0.640)	0.078	.327	<.001
Religiosität	-0.033 (-0.079, 0.010)	0.022	-.079	.136
Biologiegruppe	0.026 (-0.025, 0.077)	0.026	.051	.326

9.6.2 Latent Change Score Modelle zum Einfluss der Qualität der philosophischen Gespräche

Bevor die Latent Change Score Modelle zur Untersuchung des Einflusses der Qualität der philosophischen Gespräche erstellt werden, werden die Zusammenhänge der wichtigsten Variablen in der Korrelationsmatrix in Tabelle 65 dargestellt.

Tabelle 65: Korrelationen zwischen der Qualität der philosophischen Gespräche insgesamt und einzelner Dimensionen und weiteren Konstrukten

Variable	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Qualität gesamt (1)	.91***	.85***	.54***	.71***	.02	.20**	.15	.19*	.18*	.22**	-.01	.06	.00	.02
Philosophische Reichhaltigkeit (2)		.80***	.46***	.47***	.04	.20**	.18*	.28***	.23**	.22**	.07	.09	.00	.08
Ko-Konstruktion (3)			.26**	.42***	-.03	.13	.15	.18*	.09	.10	.04	.07	-.02	-.09
Fokus (4)				.15*	.18*	.30***	.19*	.33***	.15*	.31***	.05	.16*	-.10	.35***
Zurückh. Gesprächsführung (5)					-.06	.03	-.04	-.13	.09	.09	-.17	-.10	.08	-.21*
Akzeptanz Prä (6)						.47***	-.06	.18*	.21**	.33***	.13	.01	-.22**	.37***
Akzeptanz Post (7)							.13	.24**	.19*	.25***	.06	.12	-.21**	.33***
Verständnis Prä (8)								.45***	.05	.12	.12	.09	-.02	.21*
Verständnis Post (9)									.24**	.30***	.16*	.21*	-.15	.33***
Entwicklung d. W. Prä (10)										.53***	.20*	.25**	-.01	.11
Entwicklung d. W. Post (11)											.18*	.36***	-.03	.25**
Sicherheit d. W. Prä (12)												.58***	.07	.29**
Sicherheit d. W. Post (13)													.06	.25*
Religiosität (14)														-.15
Schulische Leistungsfähigkeit (15)														

Bemerkung: * $p \leq .01$, ** $p \leq .001$, *** $p \leq .001$; $N = 113-179$

Abbildung 41 visualisiert die Ergebnisse des Latent Change Score Modells 8, mit welchem der Einfluss der Qualität der philosophischen Gespräche auf die Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens untersucht wird. Die Qualität der philosophischen Gespräche hat einen marginal signifikanten Effekt auf die Veränderung der genannten Skala ($\beta = .189, p = .058$). Je besser die philosophischen Gespräche im Rating eingeschätzt wurden, desto stärkere Zugewinne verzeichneten die Schüler*innen dieser Klassen in der Skala Entwicklung des Wissens. Die zwei Faktoren im Modell erklären 15.7% der Varianz der Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens.

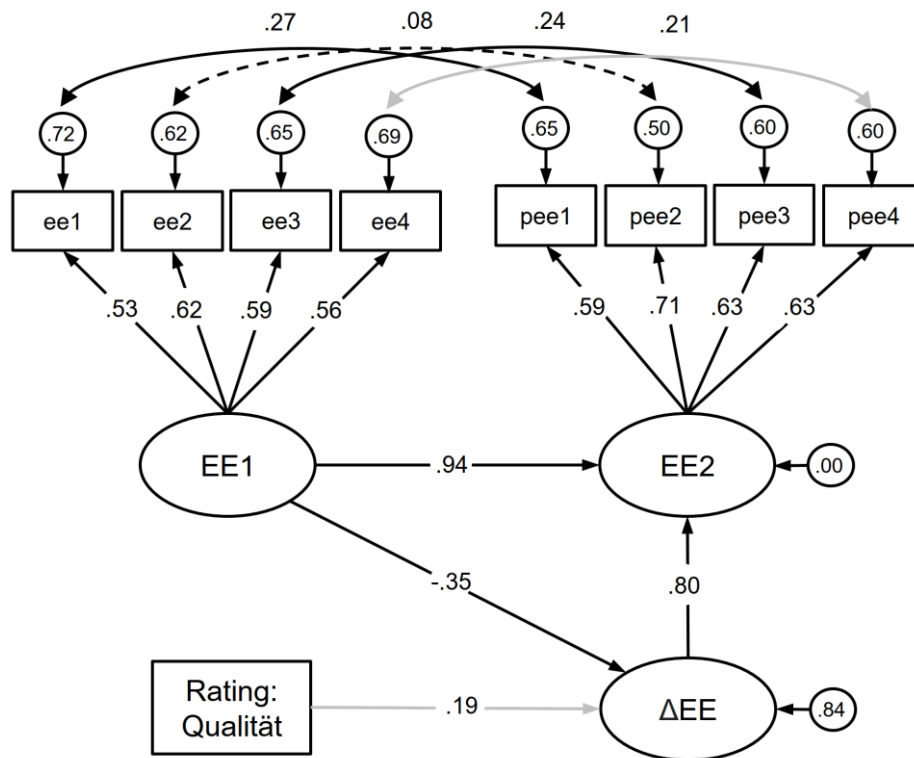


Abbildung 41: Latent Change Score Modell 8 für die Philosophiegruppe ($N = 180$) mit der abhängigen Variablen Entwicklung des Wissens und der unabhängigen Variablen der Qualität der philosophischen Gespräche. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, ΔEE = Veränderung Entwicklung des Wissens, Rating: Qualität = Qualität der philosophischen Gespräche.

In Abbildung 42 wird der Einfluss der Qualität der philosophischen Gespräche auf die Veränderung der Skala Sicherheit des Wissens dargestellt (Modell 9); es zeigt sich kein signifikanter Effekt ($\beta = .152, p = .331$). Das Modell erklärt 5.1% der Varianz der Veränderung der Skala Sicherheit des Wissens.

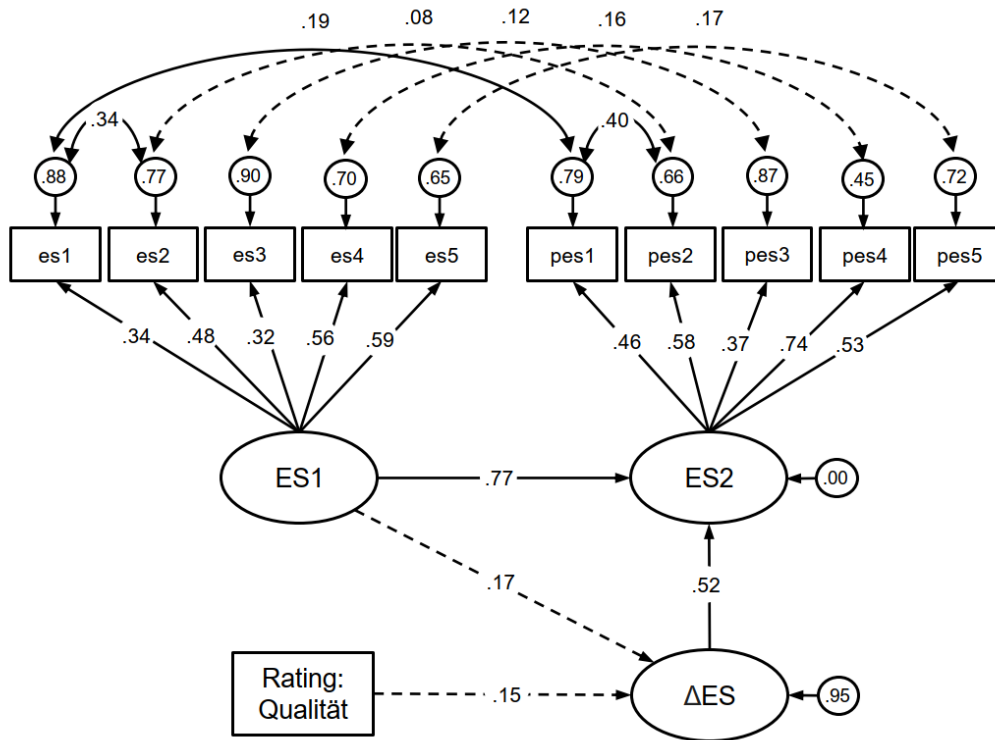


Abbildung 42: Latent Change Score Modell 9 für die Philosophiegruppe ($N = 180$) mit der abhängigen Variablen Sicherheit des Wissens und der unabhängigen Variablen der Qualität der philosophischen Gespräche. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, Δ ES = Veränderung Sicherheit des Wissens, Rating: Qualität = Qualität der philosophischen Gespräche.

In der Abbildung 43 wird das Latent Change Score Modell 10 zum Einfluss der Qualität der philosophischen Gespräche auf die Veränderung der Akzeptanz der Evolution dargestellt. Eine höhere Qualität in den Gesprächen führt zu einem stärkeren Zuwachs der Akzeptanz der Evolution ($\beta = .214, p = .009$). Das Modell erklärt 19.9% der Varianz der Veränderung der Akzeptanz der Evolution.

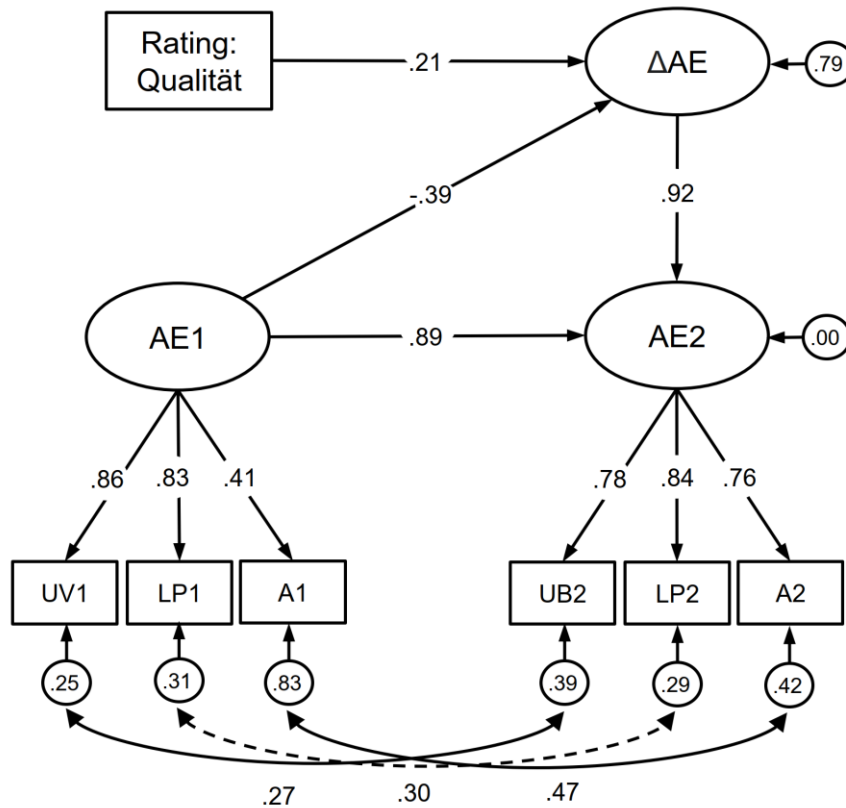


Abbildung 43: Latent Change Score Modell 10 für die Philosophiegruppe ($N = 180$) mit der abhängigen Variablen Akzeptanz der Evolution und der unabhängigen Variablen der Qualität der philosophischen Gespräche. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. AE1 = Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, ΔAE = Veränderung Akzeptanz, Rating: Qualität = Qualität der philosophischen Gespräche.

In der Tabelle 66 sind die Ergebnisse des Mehrebenen-Regressionsmodells mit der abhängigen Variable Verständnis der Evolution im Posttest ersichtlich. Als Kontrollvariablen wurden die epistemologischen Überzeugungen im Posttest, die Religiosität sowie das Verständnis im Prätest in das Modell integriert. Die Qualität der philosophischen Gespräche übt keinen Einfluss auf das Verständnis der Evolution aus ($\beta = .075, p = .454$).

Tabelle 66: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Verständnis der Evolution im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.261, N = 165)*

	<i>B (95%-CI)</i>	<i>SE</i>	β	<i>p</i>
Konstante	0.229 (-0.136, 0.593)	0.189		.239
Verständnis Prä	0.511 (0.329, 0.707)	0.095	.349	<.001
Religiosität	-0.052(0.110, 0.004)	0.029	-.115	.076
Entwicklung des Wissens	0.064 (0.028, 0.099)	0.018	.247	<.001
Sicherheit des Wissens	0.015 (-0.017, 0.099)	0.016	.062	.374
Rating: Qualität	0.014 (-0.022, 0.051)	0.019	.075	.454

9.6.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Abschliessend sollen die Ergebnisse der Latent Change Score Modelle vor dem Hintergrund der Hypothesen zusammengefasst werden. Folgende Fragestellung wurde in diesem Kapitel fokussiert:

Führen philosophische Gespräche zu Fragen von *nature of science* in einer Unterrichtseinheit zur Evolution zu differenzierteren epistemologischen Überzeugungen, einem besseren Verständnis und einer erhöhten Akzeptanz der Evolution?

Im folgenden Abschnitt werden die aufgrund der rezipierten Literatur formulierten Hypothesen in Bezug zu den Ergebnissen gesetzt.

Die Philosophiegruppe weist eine stärkere positive Veränderung der epistemologischen Überzeugungen auf als die Biologiegruppe.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung stützen diese Hypothese nur teilweise. Während die Philosophiegruppe in der Skala Entwicklung des Wissens etwas stärkere Zugewinne aufweist, zeigen sich in der Skala Sicherheit des Wissens keine signifikanten Unterschiede.

Die Philosophiegruppe weist eine stärkere Zunahme der Akzeptanz der Evolution auf als die Biologiegruppe.

Diese Hypothese muss verworfen werden. Die Veränderungen der Akzeptanz der Evolution unterscheidet sich in beiden Gruppen nicht signifikant.

Die Philosophiegruppe weist eine stärkere Zunahme des Verständnisses der Evolution auf als die Biologiegruppe.

Diese Hypothese muss aufgrund der getätigten Analysen verworfen werden. Bezüglich der Veränderung des Verständnisses der Evolution existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen Philosophie- und Biologiegruppe.

Die Qualität der philosophischen Gespräche beeinflusst die Wirkung derselben.

Die Resultate der Untersuchung stützen diese Hypothese teilweise. Die Qualität der philosophischen Gespräche erweist sich als (marginal) signifikanter Prädiktor für die Veränderung der Akzeptanz der Evolution sowie die Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens. Es können jedoch keine Effekte in Bezug auf die Skala Sicherheit des Wissens festgestellt werden.

9.7 Ergänzende Analysen in der Philosophiegruppe

In diesem Kapitel wird ein erster Versuch unternommen, die Ergebnisse der vier Forschungsfragen weiter zu untersuchen. Für die ergänzenden Analysen wurde die Philosophiegruppe erneut unterteilt; die Philosophiegruppe H (Hohe Qualität) besteht aus Klassen und Schüler*innen, bei welchen die Qualität aller philosophischen Gespräche über dem Median liegt, die Philosophiegruppe T (Tiefe Qualität) setzt sich aus Klassen zusammen, deren Qualitätswert sich unter dieser Grenze befindet. Die Tabelle 67 zeigt eine Übersicht der Mittelwerte der wichtigsten Konstrukte nach Gruppe. Zum Vergleich werden zusätzlich die Werte der Biologiegruppe dargestellt. Die Philosophiegruppe H besteht aus zehn, die Philosophiegruppe T aus elf Klassen.

Tabelle 67: Mittelwerte der zentralen Konstrukte von Philosophiegruppe H und T

Konstrukt	Philosophiegruppe H (<i>N</i> = 82/90)	Philosophiegruppe T (<i>N</i> = 83/89)	Biologiegruppe (<i>N</i> = 141/158)
Akzeptanz Prä	3.746	3.697	3.691
Akzeptanz Post	4.035	3.796	3.947
Entwicklung des Wissens Prä	4.100	3.837	3.784
Entwicklung des Wissens Post	4.231	3.947	3.851
Sicherheit des Wissens Prä	3.727	3.766	3.596
Sicherheit des Wissens Post	3.976	3.928	3.929
Verständnis Prä	0.411	0.367	0.386
Verständnis Post	0.619	0.562	0.601
Religiosität	2.321	2.255	2.458
Schulische Leistungsfähigkeit	500.015	510.094	488.090

Die deskriptive Auswertung zeigt, dass sich die zwei Gruppen hinsichtlich der Religiosität, der schulischen Leistungsfähigkeit sowie des Zuwachses im Verständnis der Evolution kaum unterscheiden. Etwas stärkere positive Veränderungen zeigen sich in der Philosophiegruppe H bei den erfassten epistemologischen Überzeugungen. Besonders stark fällt der Unterschied in Bezug auf die Akzeptanz der Evolution auf. Während der Zuwachs in der Philosophiegruppe H sogar stärker ausfällt als in der Biologiegruppe, ist dieser in der Philosophiegruppe T deutlich geringer. Die Ergebnisse des Einstichproben-t-Tests für abhängige Stichproben in der Philosophiegruppe H zeigt, dass die Intervention einen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz ausübt ($t = -5.05$, $p < .001$, $N = 82$). Nach der Unterrichtseinheit ($M = 4.04$, $SD = 0.69$) weisen die Schüler*innen signifikant höhere Werte auf als

vor der Unterrichtseinheit ($M = 3.75$, $SD = 0.64$). Die Effektstärke nach Cohen (1992) liegt bei $d = .56$ und entspricht damit einem mittleren Effekt. In der Philosophiegruppe T hat die durchgeführte Intervention keinen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution ($t = -1.52$, $p = .066$, $N = 83$). Die Proband*innen schneiden somit im Posttest ($M = 3.80$, $SD = 0.60$) nicht signifikant besser ab als im Prätest ($M = 3.70$, $SD = 0.59$). Die ergänzenden Analysen fokussieren folglich das Konstrukt der Akzeptanz der Evolution. Aufgrund der nun kleineren Stichprobe können keine Strukturgleichungsmodelle spezifiziert werden, so dass Mehrebenen-Regressionsanalysen eingesetzt werden.

In einer ersten Analyse wurde untersucht, ob und inwiefern sich die zwei Gruppen unter Kontrolle der restlichen Variablen in Bezug auf die Akzeptanz der Evolution unterscheiden. Es wurde ein Mehrebenen-Regressionsmodell mit der abhängigen Variable Akzeptanz der Evolution und der unabhängigen Variable Gruppenzugehörigkeit erstellt, dessen Ergebnisse in Tabelle 68 sichtbar sind. Als Kontrollvariablen dienten die Religiosität sowie die zwei Skalen der epistemologischen Überzeugungen.

Tabelle 68: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe gesamt = 0.341, N = 165)*

	<i>B (95%-CI)</i>	<i>SE</i>	β	<i>p</i>
Konstante	-0.165 (-0.325, -0.004)	0.083		.049
Akzeptanz Prä	0.509 (0.366, 0.651)	0.073	.488	<.001
Religiosität	-0.178 (-0.379, -0.024)	0.104	-.113	.089
Entwicklung des Wissens Post	0.054 (-0.079, 0.187)	0.069	.060	.431
Sicherheit des Wissens Post	0.076 (-0.034, 0.187)	0.057	.093	.181
Gruppenzugehörigkeit	0.265 (0.034, 0.496)	0.119	.146	.028

Die Gruppenzugehörigkeit hat einen signifikanten Effekt auf die Akzeptanz der Evolution im Posttest ($\beta = .146$, $p = .028$). Die Philosophiegruppe H weist somit – auch wenn für weitere Faktoren kontrolliert wird – stärkere Zugewinne in der Akzeptanz der Evolution auf. Dies bedeutet weiter, dass die höhere Akzeptanz im Posttest nicht durch die Skalen zu den epistemologischen Überzeugungen erklärt werden kann.

In einer weiteren Analyse wurde der Frage nachgegangen, ob und inwiefern sich die Zusammenhänge in den beiden Gruppen im Prä- als auch im Posttest unterscheiden. Dazu wurden vier Mehrebenen-Regressionsmodelle spezifiziert, in welchen die Zusammenhänge für beide Zeitpunkte und beide Gruppen sichtbar werden. Die Ergebnisse des Regressionsmodells zum Zeitpunkt des Prätests sind in Tabelle 69, diejenigen zum Zeitpunkt des Posttests in Tabelle 70 dargestellt.

Tabelle 69: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution im Prätest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe H = 0.223, N = 82; Philosophiegruppe T = 0.086, N = 83)*

	Stichprobe	B (95%-CI)	SE	β	p
Konstante	Philosophiegruppe H	-0.080 (-0.273, 0.112)	0.100		.423
	Philosophiegruppe T	0.010 (-0.190, 0.170)	0.103		.915
Religiosität	Philosophiegruppe H	-0.532 (-0.813, -0.252)	0.145	-.371	<.001
	Philosophiegruppe T	0.017 (-0.358, 0.323)	0.176	-.011	.922
Entwicklung des Wissens Prä	Philosophiegruppe H	0.362 (0.113, 0.612)	0.129	.290	.006
	Philosophiegruppe T	0.239 (0.028, 0.450)	0.109	.249	.032
Sicherheit des Wissens Prä	Philosophiegruppe H	0.014 (-0.202, 0.232)	0.112	.014	.895
	Philosophiegruppe T	0.105 (-0.124, 0.334)	0.118	.101	.379

Tabelle 70: *Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe H = 0.128, N = 82; Philosophiegruppe T = 0.107, N = 83)*

	Stichprobe	B (95%-CI)	SE	β	p
Konstante	Philosophiegruppe H	0.149 (-0.166, 0.247)	0.115		.680
	Philosophiegruppe T	-0.189 (-0.368, -0.010)	0.093		.044
Religiosität	Philosophiegruppe H	-0.262 (-0.582, 0.035)	0.160	-.177	.105
	Philosophiegruppe T	-0.417 (-0.761, -0.074)	0.178	-.251	.021
Entwicklung des Wissens Post	Philosophiegruppe H	0.275 (0.080, 0.495)	0.097	.286	.012
	Philosophiegruppe T	0.175 (-0.022, 0.372)	0.102	.203	.090
Sicherheit des Wissens Post	Philosophiegruppe H	0.044 (-0.128, 0.231)	0.093	.052	.641
	Philosophiegruppe T	0.035 (-0.147, 0.218)	0.094	.045	.707

In der Philosophiegruppe H wirkt sich die Religiosität zu Beginn der Interventionsstudie negativ auf die Akzeptanz der Evolution aus; der Effekt ist signifikant ($\beta = - .371, p < .001$). In der Philosophiegruppe T übt die Variable keinen Einfluss

aus ($\beta = .011, p = .922$). Im Posttest zeigen sich gegenteilige Zusammenhänge: Die Religiosität hat in der Philosophiegruppe H an Bedeutung verloren ($\beta = -.177, p = .105$), in der Philosophiegruppe T an Einfluss gewonnen ($\beta = -.251, p = .021$). Die Skala Entwicklung des Wissens erweist sich in der Philosophiegruppe H sowohl im Prätest ($\beta = .290, p = .006$) als auch im Posttest ($\beta = .286, p = .012$) als signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz der Evolution. Die Stärke des Zusammenhangs bleibt beinahe konstant. In der Philosophiegruppe T ist hingegen eine Abnahme in der Stärke des Zusammenhangs zu beobachten. Zum Zeitpunkt des Prätests ($\beta = .249, p = .040$) stellt die Variable eine signifikante Einflussgröße dar, welche zum Zeitpunkt des Posttests ($\beta = .203, p = .090$) jedoch an Bedeutung einbüsst. Die Skala Sicherheit des Wissens übt weder zu Beginn noch am Ende der Intervention einen Einfluss aus.

10 Diskussion

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse theoretisch eingebettet und diskutiert werden. Der erste Teil beschäftigt sich mit der Qualität der philosophischen Gespräche in der Unterrichtseinheit, während das zweite Kapitel die Einflussfaktoren auf das Verständnis und die Akzeptanz der Evolution thematisiert. Erst im dritten und vierten Kapitel werden diese Aspekte zusammengeführt; der Einfluss philosophischer Gespräche auf die Entwicklung epistemologischer Überzeugungen sowie der Akzeptanz und des Verständnisses der Evolution werden diskutiert und vor dem theoretischen Hintergrund interpretiert. Abschliessend wird ein Fazit zu den Erkenntnissen formuliert.

10.1 Die Qualität der philosophischen Gespräche

In der vorliegenden Interventionsstudie wurden drei philosophische Gespräche zu Fragen von *nature of science* durchgeführt. Die durchschnittliche Qualität liegt bei 2.51 von möglichen 4 Punkten. Diese Bewertung überrascht nicht, da die Gesprächsform des Philosophierens in der Literatur als anspruchsvoll bezeichnet wird – dies gilt für Schüler*innen als auch Lehrpersonen. Studien belegen, dass die Bildung einer *community of inquiry* ein langwieriger Prozess darstellt, welcher mehrere Monate in Anspruch nimmt (Daniel, 2008). In philosophischen Gesprächen sollen nicht nur Meinungen geäussert werden, vielmehr soll ein gemeinsamer Dialog entstehen (Haynes, 2008). Die Schüler*innen der Untersuchung zeigten zwar auf der Oberflächenstruktur teilweise ko-konstruktives Verhalten, indem sie sich aufeinander bezogen; eine wirkliche Verknüpfung von Meinungen, welche zu einer Veränderung des Denkens führte, war jedoch nur selten zu beobachten. Dies erklärt den eher tiefen Wert in der Kategorie Ko-Konstruktion ($M = 2.48$) und bestätigt bisherige Studienergebnisse. Untersuchungen eines kanadischen Forscher*innenteams um Marie-France Daniel belegen, dass die Komplexität des Dialogs mit zunehmender Praxis ansteigt; die gegenseitige Bezugnahme sowie das kritische Hinterfragen nehmen zu (Daniel et al., 2005; Daniel, 2008; Daniel et al., 2011). Die Lernenden der vorliegenden Studie führten in der Regel zum ersten Mal philosophische Gespräche.

In der Theorie wird auch die Leitung des Gespraches als herausfordernde Aufgabe beschrieben (Haynes, 2008), was die tiefe Bewertung in der Dimension *Zurückhaltende Gesprächsführung* zu bestätigen scheint. In der Mehrheit waren die Lehrpersonen bemüht, sich zurückhaltend zu verhalten, wie dies solche Gespräche erfordern (Haynes, 2008). Eine Lehrperson verzichtete fast vollständig auf eigene Beiträge, während andere ihre Meinungen äusserten und Antworten vorgaben. Die Schwierigkeit scheint also tatsächlich in der von Haynes (2008) beschriebenen Balance zu liegen: «A balance has to be struck between a sense of adventure and exploration and a sense of direction and progress» (30f.). Zurückhaltung ist notwendig, aber nicht einzige Bedingung für ein gelungenes philosophisches Gespräch. Ebenso wichtig ist die gezielte Vertiefung der Gedanken der Schüler*innen, um eine differenzierte Reflexion zu ermöglichen (Brüning, 2003; de Boer, 2015). In der Studie bereitete es vielen Lehrpersonen Mühe, an wichtigen Stellen einzuhaken, das philosophische Potenzial einer Aussage zu erkennen und nachzufragen. Insbesondere diese «Sensibilität dafür, welche Fragen und Situationen eine philosophische Dimension enthalten und an welcher Stelle und wie nachgefragt werden kann», (Krüger & Schick, 2012, S. 27) macht eine gute Vorbereitung notwendig und spricht dafür, dass eine gewisse philosophische Grundbildung hilfreich ist – wie dies Camhy (2013) oder Martens (2003) äussern. Die hohen Anforderungen solcher Gespräche unterstreichen die Bedeutung einer gezielten (fach-)didaktischen Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen in diesem Feld. Die theoriegeleitete Analyse und Diskussion von authentischen Unterrichtssituationen erweist sich dabei als vielversprechender Ansatz zur Förderung der Gesprächskompetenz von (angehenden) Lehrpersonen (Bietenhard, 2020).

Die Rückmeldungen der Lehrpersonen weisen insgesamt darauf hin, dass Schüler*innen Interesse und Freude an der Teilnahme der Gespräche empfanden, wie dies Autor*innen im Kontext des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen ebenfalls äussern (Goering et al., 2013). Für alle Beteiligten war es eine ungewohnte Situation, da die Meinung der Lernenden in der Regel nicht einen solch hohen Stellenwert genießt und die Lehrpersonen selbst keine Antworten auf die diskutierten Fragen hatten und gaben. Dieses Kompetenz- und Autonomieerleben (vgl. Deci und Ryan, 1993; 2000) mag zu den positiven Rückmeldungen der Lernenden beigetragen haben.

Die vorliegende Studie zeigt, dass philosophische Gespräche anspruchsvoll sind und ihr volles Potenzial vermutlich erst durch eine gewisse Regelmässigkeit und Erfahrung entfalten können. Dies erklärt, wieso Studien im Kontext des Philosophierens in der Regel über viele Monate angelegt sind und regelmässige Gesprächssituationen beinhalten (vgl. Kapitel 1.6). Insbesondere wenn die Förderung überfachlicher Kompetenzen angestrebt wird (vgl. Kapitel 1.7.4), spielt die kontinuierliche Durchführung eine entscheidende Rolle. Neben der Erfahrung sind sicherlich auch weitere Merkmale auf der Ebene der Klasse und der Schüler*innen von Belang, welche jedoch in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt wurden.

In dieser Forschungsarbeit wurde die Qualität der philosophischen Gespräche anhand literaturbasierter Kriterien beurteilt. Die Frage, ob alle durchgeführten Gespräche tatsächlich als philosophische Gespräche bezeichnet werden können, bleibt dabei unbeantwortet. Einige der Gesprächsanlässe erfüllen grundlegende Kriterien des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen, wie sie von Petersen (2018) beschrieben werden, nicht. Nach der Autorin stellen der *Dialog* als Kriterium der Form, die *philosophische Frage* als Kriterium des Inhaltes, das *Argumentieren* als Kriterium der Methode sowie *Vernunft*, *Wahrheit* und *Offenheit* als Kriterien der Annahme eine notwendige Bedingung dar. Insbesondere das Prinzip der Offenheit wurde in verschiedenen Gesprächen der Studie verletzt, da Lehrpersonen Antworten vorgaben.

10.2 Einflussfaktoren für das Verständnis und die Akzeptanz der Evolution

In der Literatur wird die Religiosität als einer der zentralen Faktoren für die Akzeptanz der Evolution beschrieben. In vielen Studien – auch unter Sekundarschüler*innen – können negative Effekte festgestellt werden (Eder et al., 2011; Lammert, 2012). Die Resultate der Philosophiegruppe bestätigen diese Befunde. In der Korrelationsmatrix sowie den Mehrebenen-Regressionsmodellen erweist sich die Religiosität vor als auch nach der Intervention als signifikante Einflussgrösse, wobei sich die Stärke des Effektes über die zwei Zeitpunkte hinweg kaum verändert. Das Konstrukt kann jedoch nur einen geringen Teil der Varianz der Akzeptanz der Evolution erklären und wirkt sich weniger stark auf die Zielvariable aus, als dies bei-

spielsweise in der Untersuchung von Lammert (2012) unter deutschen Sekundarschüler*innen der Fall ist. In der Biologiegruppe findet sich zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Effekt der Religiosität auf die Akzeptanz der Evolution. In der Korrelationsmatrix wird jedoch ersichtlich, dass der Zusammenhang während der Interventionsstudie etwas an Stärke verliert. Die Ergebnisse der beiden Interventionsgruppen sind insofern überraschend, als die Philosophiegruppe etwas höhere Religiositätswerte aufweist als die Biologiegruppe. Es scheint, als werde die Wirkung der Religiosität durch weitere Faktoren beeinflusst, so dass diese somit nicht notwendigerweise einen negativen Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution ausüben muss. Dies zeigt sich insbesondere in den näheren Analysen der Philosophiegruppe, in welcher sich nur in einem Teil der Stichprobe negative Zusammenhänge feststellen lassen. Der in den Hypothesen formulierte Moderationseffekt von *nature of science* konnte in dieser Untersuchung jedoch nicht festgestellt werden; die erfassten Aspekte von *nature of science* reduzieren den Einfluss der Religiosität auf die Akzeptanz der Evolution nicht. Ursache dafür könnten die zwei verwendeten Skalen sein, welche lediglich einzelne Facetten des Konstruktes *nature of science* reflektieren. Welche Faktoren den Einfluss der Religiosität beeinflussen könnten, wird in Kapitel 10.4 weiter ausgeführt.

Die Bedeutung des Verständnisses von *nature of science* konnte in dieser Studie vollumfänglich bestätigt werden. In beiden Interventionsgruppen zeigt sich nach der Intervention ein signifikanter Zusammenhang der epistemologischen Überzeugungen und der Akzeptanz der Evolution, was die Ergebnisse bisheriger Forschungsarbeiten mit Schüler*innen aus den USA und Deutschland untermauert (Cavallo & McCall, 2008; Cofré et al., 2018; Lammert, 2012). Der hohe Stellenwert von *nature of science* für die Evolution zeigt sich in dieser Untersuchung ausserdem darin, dass 66.1% der Varianz der Veränderung der Akzeptanz in der Biologiegruppe durch die Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens erklärt werden kann. Dies bekräftigt die Ergebnisse einer Studie von Dunk und Wiles (2018) unter amerikanischen Biologiestudierenden, in welcher 40% der Veränderung der Akzeptanz auf die Veränderung des Verständnisses von *nature of science* zurückgeführt werden konnte. In der Philosophiegruppe können diese Wirkungszusammenhänge nicht beobachtet werden. Dies lässt darauf schliessen, dass nicht nur der Einfluss der Religiosität, sondern auch die Wirkung des Verständnisses von *nature of*

science durch weitere Faktoren gesteuert wird und diese zwei Konstrukte möglicherweise zusammenhängen. Diese Frage wird im Kapitel 10.4 adressiert.

Die Skala Entwicklung des Wissens erweist sich in diesem Forschungsvorhaben als wesentlichere Einflussgrösse für die Akzeptanz der Evolution als die Skala Sicherheit des Wissens. Aufgrund der inhaltlichen Nähe der beiden Skalen ist dieser Unterschied nur schwer zu interpretieren. Wie Pobiner (2016) schreibt, ist bisher ungeklärt, welche Aspekte von *nature of science* für die Akzeptanz der Evolution entscheidend sind. Die in der Literatur thematisierte Problematik äussert sich auch in der vorliegenden Untersuchung, in welcher nur wenige Aspekte des Konstruktes integriert wurden und bereits diese Unterschiede zutage förderten.

Neben der Religiosität und den epistemologischen Überzeugungen offenbart sich in dieser Studie die schulische Leistungsfähigkeit als (marginal) signifikanter Prädiktor für die Akzeptanz der Evolution. Diese wurde mithilfe der Stellwerkresultate des Faches Mathematik erfasst, so dass keine direkten Vergleiche mit bisherigen Arbeiten möglich sind. Es existieren jedoch Untersuchungen zu Merkmalen, zu welchen ein Zusammenhang vermutet werden kann. So zeigten sich allgemeine naturwissenschaftliche Fähigkeiten wie analytisches, logisches oder statistisches und probabilistisches Denken als signifikante Faktoren (Fiedler et al., 2019; Gervais, 2015; Mead et al., 2018).

Die Bedeutung der Religiosität für das Verständnis der Evolution wird durch zahlreiche Studien untermauert. Der Zusammenhang der beiden Konstrukte konnte für verschiedene Bevölkerungsgruppen – so auch für Sekundarschüler*innen in Deutschland – belegt werden (Barnes, Elser et al., 2017; Lammert, 2012; Nadelson & Sinatra, 2010). Weder mit noch ohne Hinzunahme weiterer Variablen zeigt die Religiosität in der vorliegenden Untersuchung einen signifikanten Effekt auf das Verständnis der Evolution in den Interventionsgruppen. In einer Untersuchung von Trani (2004) wirkten sich ausschliesslich extreme religiöse Vorstellungen auf das Verständnis der Evolution aus. Dies kann ein möglicher Erklärungsansatz für den fehlenden Zusammenhang in dieser Studie darstellen, da nur eine geringe Anzahl an Schüler*innen als sehr religiös bezeichnet werden kann. Es ist zu vermuten, dass sich solche starken religiösen Überzeugungen über die Akzeptanz, welche dabei als Mediator fungiert, auf das Verständnis der Evolution auswirken. In einer Studie von

Yasri und Mancy (2014) wurde das Lernen einiger Schüler*innen, welche die Evolution aus religiösen Gründen ablehnten, als *learning to falsify* beschrieben. Die Lernenden versuchten demnach, die Unterrichtsinhalte zu nutzen, um ihre eigene Position zu stärken. Die religiösen Überzeugungen wirkten sich folglich auf die Akzeptanz aus, führten jedoch nicht zu einem niedrigeren Lernengagement. Das Lernen einer weiteren Schüler*innengruppe zeichnete sich durch ein kontextuelles Umschalten (*contextual switching*) aus; religiöse Vorstellungen wurden hierbei vollständig von den naturwissenschaftlichen Inhalten getrennt. Diese zwei Strategien könnten ebenfalls ein Ansatzpunkt für das geringe Gewicht der Religiosität für das Verständnis der Evolution darstellen.

Die Ergebnisse zur Rolle von *nature of science* für das Verständnis der Evolution zeigen sich in bisherigen Studien uneindeutig (vgl. Kapitel 3.4.2). Die in dieser Interventionsstudie gewonnenen Daten stützen Untersuchungen (Akyol et al., 2012; Allum et al., 2008), in welchen ein Zusammenhang zwischen den Variablen festgestellt werden konnte. Sowohl in der Philosophie- als auch in der Biologiegruppe erweist sich das Konstrukt als signifikanter Prädiktor für das Verständnis der Evolution. Ein Einfluss der Veränderung der epistemologischen Überzeugungen auf die Veränderung des Verständnisses deutet sich indessen nur in der Philosophiegruppe an. Der Effekt ist zwar stark, wird jedoch nicht signifikant. Dieses Resultat bietet dennoch Belege dafür, dass Aspekte von *nature of science* für das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten wichtig sein könnten. Die Bedeutung von *nature of science* für den Erwerb naturwissenschaftlichen Wissens sowie die Veränderung von Konzepten konnte in verschiedenen Studien in anderen Themenbereichen belegt werden (Grygier, 2008; Grygier et al., 2008; Stathopoulou & Vosniadou, 2007) und wird in der Literatur als lernpsychologisches Argument (Driver et al., 1996; Gropengießer & Marohn, 2018) aufgeführt.

Zum Zusammenhang von Verständnis und Akzeptanz der Evolution wurde aufgrund des Forschungsstandes, welcher auf eine wechselseitige Beeinflussung hindeutet (vgl. Kapitel 3.3.1), keine gerichtete Hypothese formuliert. Ohne Einbindung weiterer Faktoren zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang in beiden Interventionsgruppen. Werden die Skala Entwicklung des Wissens sowie die schulische Leistungsfähigkeit integriert, verliert dieser Effekt an Stärke und Signifikanz. In den Modellen mit der Skala Sicherheit des Wissens bleibt der Zusammenhang in der

Biologiegruppe signifikant und in der Philosophiegruppe marginal signifikant. Die positive Korrelation, welche in vielen Untersuchungen – auch für Schüler*innen (Fenner, 2013) – belegt wurde (vgl. Kapitel 3.3.1), kann somit bestätigt werden. Die Ergebnisse deuten jedoch daraufhin, dass der Zusammenhang primär durch weitere Variablen – nämlich durch das Verständnis von *nature of science* und die allgemeine schulische Leistungsfähigkeit – beeinflusst wird. Dabei zeigt sich, dass nicht allen Aspekten des Kontruktes *nature of science* die gleiche Bedeutung für die Akzeptanz sowie das Verständnis der Evolution zukommt. Konnemann et al. (2012) vermuten, dass die Stärke des Zusammenhangs von Akzeptanz und Verständnis der Evolution mit dem Alter und der Ausbildungsstufe steigt. Sinatra et al. (2003) gehen davon aus, dass Effekte erst ab einem bestimmten fachlichen Niveau sichtbar werden. Eine Untersuchung von Beniermann (2019) bestätigte, dass der Zusammenhang mit zunehmender biologischer Ausbildung an Stärke gewinnt. Die Tatsache, dass es sich in der vorliegenden Stichprobe um Jugendliche handelt, welche auch nach einer kurzen Unterrichtseinheit ein beschränktes biologisches Wissen aufweisen, könnte somit den fehlenden Zusammenhang unter Berücksichtigung weiterer Variablen erklären.

10.3 Der Einfluss philosophischer Gespräche auf die Entwicklung epistemologischer Überzeugungen

Die Auswertung der Daten zeigt, dass in der Philosophiegruppe ein signifikanter Zuwachs in den Skalen Entwicklung des Wissens und Sicherheit des Wissens stattfindet – in der Biologiegruppe trifft dies nur auf die zweite Skala zu. Die Zugewinne in der Philosophiegruppe erweisen sich in der Skala Entwicklung des Wissens als signifikant höher. Noch deutlicher wird dieser Effekt, wenn lediglich diejenige Hälfte der Schüler*innen berücksichtigt wird, welche an überdurchschnittlich guten philosophischen Gesprächen teilgenommen hat. Bei Betrachtung der Skala Sicherheit des Wissens zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den zwei Interventionsgruppen. Die deskriptive Auswertung legt jedoch nahe, dass die Zunahme in der Biologiegruppe etwas grösser ausfällt.

Die Ergebnisse der Biologiegruppe implizieren, dass eine Veränderung der epistemologischen Überzeugungen stattfinden kann, obschon diese nicht explizit im Un-

terrichtet behandelt werden. Dies stützt die Aussage von Hofheinz (2010), dass *nature of science* nicht *nicht* unterrichtet werden kann. Fachliche Inhalte, Lehrpersonen und Schulbücher vermitteln implizit ein bestimmtes Bild von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und naturwissenschaftlichem Wissen. Insbesondere in der Thematik der Evolution werden Schüler*innen mit der Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens konfrontiert, da in der Unterrichtseinheit verschiedene Theorien zur Entwicklung von Lebewesen explizit thematisiert wurden. Dies könnte erklären, wieso die Biologiegruppe zumindest in Bezug auf eine Skala gleichermassen differenziertere epistemologische Überzeugungen entwickelte.

Die Ergebnisse illustrieren weiter, dass die Qualität der philosophischen Gespräche einen marginal signifikanten Einfluss auf die Veränderung der epistemologischen Überzeugungen ausübt; dies trifft jedoch ausschliesslich auf die Skala Entwicklung des Wissens zu. Ein Grund für die geringere Zunahme in der Skala Sicherheit des Wissens in der Philosophiegruppe könnte der Fokus der philosophischen Gespräche auf die Veränderung und Entwicklung von naturwissenschaftlicher Erkenntnis über die Zeit sein. Da die Sicherheit des naturwissenschaftlichen Wissens eng mit der Entwicklung derselben zusammenhängt, bleibt dennoch offen, warum sich diese Unterschiede ergeben.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass philosophische Gespräche eine sinnvolle Ergänzung zur Förderung von verschiedenen Aspekten von *nature of science* darstellen können. Die Studie bietet somit empirische Evidenz für die von Michalik (2009) formulierte These, dass philosophische Gespräche mit Kindern und Jugendlichen das Wissenschaftsverständnis positiv beeinflussen können. Die Gespräche in der Unterrichtseinheit ermöglichten einen kritischen Blick auf naturwissenschaftliches Wissen und die Grenzen der Disziplin, was nach Dittmer (2015) eine Chance philosophisch-ethischer Reflexionen darstellt, welche er als «Kern naturwissenschaftlicher Bildung und Ausbildung» (S. 96) bezeichnet.

Die Analyse der philosophischen Gespräche in der Unterrichtseinheit legt die Schlussfolgerung nahe, dass die Methode des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen nicht als Ersatz, sondern lediglich der Ergänzung zur Förderung von *nature of science* dienen kann. Fragen in diesem Themenbereich können äusserst

komplex und schwierig sein und entspringen vielfach nicht dem direkten Erfahrungsraum der Lernenden. Zur Reflexion mancher Fragen sind darüber hinaus bestimmte Wissensbestände unabdingbar. So äusserten die Schüler*innen zahlreiche bekannten Alltags- oder Fehlvorstellungen (vgl. Kapitel 3.4.1). Dies kann Lehrpersonen dazu verleiten, bestimmte Ansichten und Inhalte explizit in das Gespräch einzubringen, was dem Prinzip der Offenheit (Petersen, 2018) und somit der Grundidee des Philosophierens widerspricht. Es scheint deshalb sinnvoll und zielführend, Aspekte von *nature of science* mithilfe zusätzlicher Methoden (vgl. Kapitel 2.1.5) explizit zu vermitteln. Philosophische Gespräche können dabei der weiteren Vertiefung und Reflexion sowie der Aktivierung intuitiver Vorstellungen dienen.

10.4 Der Einfluss philosophischer Gespräche auf die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution

Der vorliegenden Forschungsarbeit lag die Hypothese zugrunde, dass die Akzeptanz der Evolution mit Gesprächen zu Aspekten von *nature of science* gefördert werden kann. Fokussiert wurde dabei insbesondere die Reduzierung des wahrgenommenen Konfliktes zwischen Religion und Naturwissenschaft, welcher als einer der entscheidenden Faktoren für eine Nicht-Akzeptanz vermutet werden kann. In verschiedenen Untersuchungen konnten Belege gefunden werden, dass eine erhöhte Akzeptanz auf eine Reduzierung dieses Konfliktes zurückzuführen ist (Dunk & Wiles, 2018; Lindsay et al., 2019; Martin-Hansen, 2008; Yasri & Mancy, 2016).

Die Akzeptanz in der untersuchten Stichprobe ist bereits vor der Intervention hoch und steigt in beiden Gruppen weiter an. Da es sich beim Instrument zur Erhebung der Akzeptanz um eine Eigenentwicklung handelt, können keine Studien für einen direkten Vergleich hinzugezogen werden. Lammert (2012) setzte in seiner Untersuchung mit deutschen Sekundarschüler*innen das Instrument MATE ein, in welchem Items ebenfalls auf einer fünf-stufigen Skala eingeschätzt wurden. Mit einer durchschnittlichen Bewertung von 3.56 liegt der Wert unter der in dieser Studie erfassten Akzeptanz.

Der Zuwachs in der Akzeptanz der Evolution in den beiden Interventionsgruppen unterscheidet sich nicht signifikant. Bei genauerer Betrachtung der Philosophiegruppe zeigt sich, dass Schüler*innen, welche an guten philosophischen Gesprächen teilnehmen (Philosophiegruppe H) etwas stärkere, Schüler*innen, welche an

weniger differenzierten philosophischen Gesprächen partizipieren (Philosophiegruppe T), etwas schwächere Zugewinne verzeichnen als die Biologiegruppe. Deutliche Differenzen werden in der Bedeutung der epistemologischen Überzeugungen, insbesondere bei der Skala Entwicklung des Wissens, sichtbar. Einerseits besteht zwischen diesem Aspekt von *nature of science* und der Akzeptanz der Evolution nach der Unterrichtseinheit ein deutlich stärkerer Zusammenhang in der Biologiegruppe, was auch die bereits vorhandenen Unterschiede vor der Unterrichtseinheit nicht vollständig zu erklären vermögen. Andererseits führt die Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens in der Biologiegruppe zu einer Veränderung der Akzeptanz der Evolution, was in der Philosophiegruppe nicht der Fall ist, obschon der Zuwachs in der genannten Skala etwas höher ausfällt. Die Religiosität scheint dabei in der Philosophiegruppe vor als auch nach der Unterrichtseinheit einen Einfluss auf die Akzeptanz auszuüben; dieser Wirkungszusammenhang zeigt sich in der Biologiegruppe nicht. Die Analysen zum Einfluss der Qualität der philosophischen Gespräche bestätigen, dass diese ein signifikanter Prädiktor für die Veränderung der Akzeptanz darstellt. Bei näherer Erforschung der Philosophiegruppe zeigt sich, dass die Bedeutung der Religiosität in der Philosophiegruppe H während der Intervention stark ab, in der Philosophiegruppe T jedoch zunimmt. In Klassen, welche überdurchschnittlich qualitätsvolle philosophische Gespräche führten, verliert die Religiosität somit an Bedeutung; in Klassen, in welchen unterdurchschnittlich eingeschätzte Gespräche stattfanden, steigt diese.

Wie ist es zu erklären, dass philosophische Gespräche die Wirkung der Religiosität – gegensätzlich zur aufgestellten Hypothese – verstärken und welche Faktoren begünstigen dies? Die postulierte Hypothese stützte sich auf die Bedeutung intuitiver Schüler*innenvorstellungen für das Lernen und die Veränderung von Konzepten (vgl. Kapitel 1.7.1.1) sowie die Rolle des wahrgenommenen Verhältnisses von Religion und Naturwissenschaft für die Akzeptanz (vgl. Kapitel 4.5). Studien aus der Biologiedidaktik deuten darauf hin, dass eine Berücksichtigung von intuitiven Vorstellungen das Lernen positiv beeinflusst (Born, 2007; Monetha, 2009). Zugleich konnte in einer Untersuchung festgestellt werden, dass die Aktivierung solch impliziter Konzepte aufgrund der erhöhten kognitiven Beanspruchung auch negative Effekte für das fachliche Lernen haben kann. Die Integration von Schüler*innenvorstellungen erweist sich vermutlich erst mittel- bis langfristig als gewinnbringend

und benötigt den kommunikativen Austausch (Gebhard, 2015; Oschatz et al., 2011). Dass die Aktivierung von bereits vorhandenen stabilen Überzeugungen den Erwerb von fachlichen Inhalten und die Veränderung von Konzepten nicht fördern sondern womöglich erschweren kann, implizieren Untersuchungen von Menthe (2006). Nach dem sozial-intuitionistischen Modell führt die Aktivierung von Vorstellungen umgehend zu intuitiven Bewertungen, welche im Nachhinein argumentativ begründet werden (Dittmer, 2013). Der gezielten Reflexion dieser intuitiven Konzepte kommt deshalb eine wichtige Bedeutung zu (Dittmer, Gebhard et al., 2016; Menthe, 2006).

In der Regel werden religiöse und naturwissenschaftliche Inhalte zur Entstehung der Lebewesen im Unterricht nicht im selben Kontext thematisiert, so dass unabhängige Wissensstrukturen ohne Verknüpfung entstehen. Yasri und Mancy (2014) bezeichnen diese Art des Lernens als kontextuelles Umschalten (*contextual switching*). Die Aktivierung von religiösen Vorstellungen im ersten philosophischen Gespräch könnte diese strikte Trennung aufgehoben und sich in einem ersten Schritt negativ auf die Akzeptanz ausgewirkt haben. Erst durch die Berücksichtigung und Aktivierung der religiösen Perspektive hätte diese somit an Bedeutung und Einfluss gewonnen. Da es sich bei Vorstellungen zu Religion und ihrem Verhältnis zu Naturwissenschaft um stabile Überzeugungen handelt, müssen diese in differenzierter Art und Weise im sozialen Austausch reflektiert werden, um Konzeptänderungen zu ermöglichen (Menthe, 2006; Oschatz et al., 2011). Diese Interpretation wird durch die Ergebnisse der Philosophiegruppe untermauert. Wenn religiöse Vorstellungen aktiviert und zugleich differenziert reflektiert werden, wirkt sich die Religiosität nicht negativ auf die Akzeptanz der Evolution aus. Im Fall der Philosophiegruppe H verlor der vor der Unterrichtseinheit signifikante Effekt der Religiosität sogar beinahe vollständig an Bedeutung. Werden intuitive Vorstellungen zu Religion thematisiert, jedoch nicht mit genügender Tiefe behandelt, steigt ihr negativer Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution – wie dies in Philosophiegruppe T eintrat.

Dass die Thematisierung von Fehlvorstellungen oder Vorurteilen diese reproduzieren und verstärken kann, wird auch in anderen Forschungsfeldern diskutiert. Im Kontext von gendersensiblen Unterricht wird beispielsweise dazu geraten, die Dramatisierung – also die explizite Thematisierung von stereotypen Vorstellungen – nur bedingt einzusetzen, da diese vorhandene Stereotype festigen kann. Wenn eine

Dramatisierung von Gender erfolgt, ist eine gezielte Ent-Dramatisierung durch Relativierung und Reflexion vonnöten (Debus, 2017). Analog könnte auch das Aufgreifen des Widerspruchs von Religion und Naturwissenschaft diese Alltagsvorstellung verstärken, wenn keine differenzierte Reflexion erfolgt.

Ein weiterer Erklärungsansatz für die unterschiedliche Bedeutung der Religiosität sowie der epistemologischen Überzeugungen in den Gruppen, welcher in eine ähnliche Richtung zielt, bietet der Framing-Effekt. Elsdon-Baker (2015) beschreibt im Kontext der Erhebungsinstrumente zur Evolution, dass die Präsentation des Verhältnisses von Naturwissenschaft und Evolution die Akzeptanz derselben beeinflussen kann. Die differente Kommunikation zur Thematik in den Gruppen könnte folglich einen Effekt auf das Denken und Verhalten der Schüler*innen ausgeübt haben.

Die Frage nach dem Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft ist vielschichtig und wird auch unter Expert*innen kontrovers diskutiert (vgl. Kapitel 4.3). Es scheint, als berge die Thematisierung solcher Aspekte in philosophischen Gesprächen sowohl Chancen als auch Gefahren. Aufgrund der anspruchsvollen Inhalte kann es ratsam sein, das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft sowie weitere Aspekte von *nature of science* mithilfe zusätzlicher Methoden explizit zu vermitteln. In dieser Interventionsstudie wurden lediglich wenige Facetten des Rahmenmodells für religiös-kulturell kompetenten Evolutionsunterricht berücksichtigt. So wurden die persönlichen Ansichten der Lernenden zur Thematik mithilfe der philosophischen Gespräche in den Unterricht integriert. Die Beachtung weiterer Unterrichtspraktiken aus dem Rahmenmodell könnte sich als gewinnbringend erweisen. Zu nennen wären beispielsweise das Aufzeigen der Grenzen der Naturwissenschaft, die Präsentation verschiedener Positionen im Spektrum zwischen Schöpfung und Evolution sowie von Rollenmodellen und die Betonung der Kompatibilität der beiden Bereiche (Barnes & Brownell, 2017). Dies würde Lehrpersonen in den philosophischen Gesprächen entlasten und die Gefahr der Einnahme der Rolle aktiver Wissensvermittler*innen mindern. Studien zeigen, dass die Einbettung dieser Aspekte in den Unterricht zu einer Reduzierung des Konfliktes zwischen Religion und Naturwissenschaft beitragen kann (Barnes, Elser et al., 2017; Truong et al., 2018; Yasri & Mancy, 2016).

Neben der stärkeren Bedeutung der Religiosität in der Philosophiegruppe T, fällt auch der schwächere Einfluss der epistemologischen Überzeugungen auf die Akzeptanz der Evolution auf. In der gesamten Philosophiegruppe ist der Zusammenhang zwischen diesen Konstrukten schwächer ausgeprägt als in der Biologiegruppe, in der Philosophiegruppe T nimmt er zudem zwischen Zeitpunkt 1 und 2 ab. Die philosophischen Gespräche führen somit zu einem stärkeren Zuwachs der epistemologischen Überzeugungen – beispielsweise der Skala Entwicklung des Wissens – deren Wirkung auf die Akzeptanz wird jedoch gehemmt. Es ist denkbar, dass die Skalen durch den philosophischen Austausch in der Philosophiegruppe eine andere Bedeutung annehmen als dies in der Biologiegruppe durch den regulären Unterricht der Fall ist. Diese etwas andere Interpretation der Skala wäre somit für die Akzeptanz der Evolution in dieser Gruppe nicht mehr im selben Masse relevant. Eine weitere mögliche Erklärung bezieht sich auf die zuvor erwähnte Aktivierung intuitiver Vorstellungen, welche den Einfluss der epistemologischen Überzeugungen auf die Akzeptanz der Evolution vermindern könnte. Beide Thesen können mit den Analysen in den zwei Philosophiegruppen erhärtet werden. In der Philosophiegruppe H erweist sich die Skala Entwicklung des Wissens als weniger bedeutsam als in der Biologiegruppe – dennoch steigt die Akzeptanz im gleichen Ausmass an. Diese Skala weist demnach – allenfalls aufgrund unterschiedlicher Bedeutungszuschreibungen – nicht dieselbe Relevanz auf. Es ist folglich denkbar, dass andere Aspekte – beispielsweise weitere Aspekte von *nature of science*, welche nicht erfasst wurden – eine entscheidende Rolle einnehmen. Beispielsweise könnten die differenzierten Gespräche zu einer Reduzierung des wahrgenommenen Konfliktes zwischen Religion und Naturwissenschaft geführt haben, was aufgrund der verwendeten Messinstrumente nicht sichtbar wird. In der Philosophiegruppe T scheint die Thematisierung der religiösen Vorstellungen tatsächlich den Einfluss der Skala Entwicklung des Wissens zu mindern; dieser erweist sich zum Zeitpunkt 2 als geringer. Zugleich können nicht dieselben Fortschritte in der Akzeptanz verzeichnet werden, wie dies in den anderen Gruppen der Fall ist.

In Bezug auf das Verständnis der Evolution wurde im vorliegenden Forschungsvorhaben die Hypothese postuliert, dass philosophische Gespräche das fachliche Lernen vertiefen und sinnvoller erscheinen lassen. Diese Annahme wird durch zahl-

reiche Studien und theoretische Arbeiten im Bereich der Alltagsvorstellungen sowie der ko-konstruktiven Unterrichtsgespräche gestützt (vgl. Kapitel 1.7.1). Verschiedene Autor*innen im Kontext des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen vertreten ebenfalls diese Auffassung (Knight & Collins, 2010; Michalik, 2008a; Suissa, 2009).

In den Ergebnissen dieser Studie sind keine relevanten Unterschiede in den Veränderungen des Verständnisses der Evolution zwischen Biologie- und den zwei Philosophiegruppen feststellbar. Die Analysen der Zusammenhänge fördern jedoch Unterschiede zwischen den zwei Interventionsgruppen zutage. Die epistemologischen Überzeugungen erweisen sich zwar in beiden Gruppen als signifikanter Prädiktor; die Effektstärken in der Biologiegruppe sind allerdings deutlich stärker ausgeprägt. Auch der bereits vor der Unterrichtseinheit sichtbare Unterschied kann diese deutliche Differenz nicht erklären. Die Frage nach dem Einfluss der Veränderung der epistemologischen Überzeugungen auf die Veränderung des Verständnisses kann nicht eindeutig beantwortet werden. Weder die Veränderung der Skala Sicherheit des Wissens noch der Skala Entwicklung des Wissens erweist sich als signifikanter Prädiktor, dennoch deutet sich in der Biologiegruppe ein solcher Effekt an.

Der fehlende Einfluss des Philosophierens auf das fachliche Lernen kann möglicherweise auf die in den Gesprächen fokussierten Themen zurückgeführt werden. Die diskutierten Fragen ergaben sich zwar aus den fachlichen Inhalten, es bestand jedoch kein enger Zusammenhang. Zudem wurden im Verständnistest ausschliesslich und sehr spezifische Vorstellungen zur Evolution erfragt. Es scheint plausibel, dass die philosophischen Gespräche eine Wirkung auf das fachliche Lernen ausübten, dies jedoch aufgrund des Testinstrumentes nicht offenkundig wird.

Zur Beantwortung der Frage nach der geringeren Bedeutung der epistemologischen Überzeugungen in der Philosophiegruppe für das Verständnis der Evolution können dieselben Erklärungsansätze wie bei der Akzeptanz der Evolution hinzugezogen werden. Da kein Unterschied im Zuwachs besteht, ist anzunehmen, dass in der Philosophiegruppe andere Aspekte von *nature of science*, welche nicht von den Erhebungsinstrumenten erfasst wurden, eine entscheidende Rolle spielten.

Die Schlussfolgerung liegt nahe, dass die Gruppenzugehörigkeit bei der Förderung des Verständnisses der Evolution keinen Einfluss ausübte. Dies bedeutet auch, dass die zusätzliche Zeit, welche in der Biologiegruppe für die Vertiefung der fachlichen Inhalte investiert wurde, nicht zu einem stärkeren Zuwachs führte. Die Frage, ob philosophische Gespräche zu einem nachhaltigeren Erkenntniszuwachs beitragen, muss aufgrund der beschränkten Aussagekraft des Testinstrumentes sowie den nicht erkennbaren Unterschieden im Follow-up-Test unbeantwortet bleiben.

10.5 Fazit

Die in dieser Arbeit beschriebene Studie hatte zum Ziel, den Einfluss philosophischer Gespräche im Evolutionsunterricht auf das Verständnis von *nature of science* sowie die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution zu untersuchen. Zahlreiche bisherige Forschungsergebnisse konnten bestätigt werden. So erweist sich das Verständnis von *nature of science* auch in der anvisierten Zielgruppe als entscheidender Faktor für die genannten Zielvariablen. Die getätigten Analysen können etwas Licht in das komplexe Zusammenspiel von Religiosität, *nature of science* und Akzeptanz der Evolution bringen – viele Fragen bleiben jedoch ungeklärt. Es zeigen sich deutliche Hinweise, dass die Wirkung der Religiosität sowie der epistemologischen Überzeugungen durch weitere Variablen beeinflusst wird. So führt erst die Aktivierung von religiösen Vorstellungen, verbunden mit einer unzureichenden Reflexion, zu einem verstärkten Effekt der Religiosität. Diese Ergebnisse könnten Lehrpersonen dazu verleiten, religiöse Themen im Evolutionsunterricht bewusst zu vermeiden, da so die Unabhängigkeit der verschiedenen Wissensstrukturen gewährleistet bleibt. Eine solche fehlende Verknüpfung trägt jedoch einerseits nicht zu einem umfassenden und reflektierten Verständnis der Welt bei und kann sich andererseits zu einem späteren Zeitpunkt in einem anderen Kontext als problematisch erweisen. Der Einfluss der Qualität philosophischer Gespräche auf die Akzeptanz der Evolution unterstreicht die Bedeutung und Chancen einer vertieften Reflexion solcher Fragen. Lehrpersonen müssen folglich in Aus- und Weiterbildung mit dem notwendigen Rüstzeug für qualitätsvolle philosophische Gespräche ausgestattet werden.

Trotz dieses vielversprechenden Ergebnisses scheint es zielführend, das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft sowie weitere Aspekte von *nature of science* aufgrund ihrer hohen Komplexität auch mithilfe anderer Methoden im Unterricht

aufzugreifen. Dies wirkt der Gefahr einer unzureichenden Wissensbasis und Reflexion entgegen und nimmt der Gesprächsleitung in philosophischen Gesprächen den Druck, spezifische Inhalte explizit vermitteln zu müssen.

Obschon die These zur Vertiefung des Lernens mithilfe von philosophischen Gesprächen in dieser Untersuchung nicht belegt werden konnte, kann der identische Zuwachs im Verständnis als Erfolg gewertet werden. Die Biologiegruppe widmete sich etwa eineinhalb von zehn Lektionen länger der Vertiefung der fachlichen Inhalte und zeigte dennoch keine differenzierteren Vorstellungen im Verständnistest. Dies macht deutlich, dass philosophische Gespräche in Fächer integriert werden können, ohne dass das fachliche Lernen vernachlässigt wird.

Abschliessend soll hervorgehoben werden, dass philosophische Gespräche mit Kindern und Jugendlichen unabhängig ihres empirisch messbaren Nutzens für ein Fach eine Legitimation aufweisen, welche sich auf bildungstheoretische Argumente stützt. Philosophisch-ethische Reflexionen stehen nicht primär im Dienst fachlicher Inhalte oder eines erwarteten Outputs; vielmehr sind diese unabdingbarer Bestandteil eines Schulsystems, welches Schüler*innen ganzheitlich bilden und zu einem mündigen, reflektierten Leben befähigen möchte.

11 Limitationen

Aufgrund der Stichprobe, der durchgeführten Intervention, der Erhebungsinstrumente sowie der gewählten Auswertungsmethoden in der vorliegenden Untersuchung ergeben sich verschiedene Limitationen, welche für eine Beurteilung der Aussagekraft der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen.

Die Auswahl der Klassen erfolgte in der Studie nicht zufällig, da sich an der Thematik interessierte Lehrpersonen freiwillig zur Verfügung stellten. Diese Selbstselektion führt zu einer Stichprobenverzerrung, so dass sich die Ergebnisse nur unter Vorbehalt auf Klassen und Lehrpersonen insgesamt übertragen lassen. Obschon die Lehrpersonen angewiesen wurden, die Einteilung der Schüler*innen in Philosophie- und Biologiegruppe zufällig vorzunehmen, kann eine gezielte Aufteilung der Klassen nicht ausgeschlossen werden. Als besonders problematisch erweisen sich die zahlreichen fehlenden Werte über die drei Zeitpunkte hinweg, welche auf nicht identische Codes sowie Abwesenheiten von Schüler*innen zurückzuführen sind.

Die Durchführung der Unterrichtseinheit wurde nicht begleitet und evaluiert, so dass keine Aussage darüber gemacht werden kann, inwiefern sich Lehrpersonen an Vorgaben hielten. In der Regel beschäftigten sich Klassen zehn bis zwölf Lektionen mit der Thematik der Evolution, so dass sich diese hinsichtlich der Anzahl eingesetzter Lektionen und Wochen unterscheiden, was eine Vergleichbarkeit erschwert. Schulische Anlässe und Ausfälle sowie unterschiedliche Lektionentafeln verstärkten die Differenzen. Diese Faktoren verringern die externe Validität, widerspiegeln zugleich aber den regulären Schulalltag. Eine mögliche Lösung dieses Problems bestünde in der Berücksichtigung verschiedener Variablen auf Klassen- und Lehrpersonenebene, welche jedoch nicht in die Untersuchung integriert wurden, so dass diese Erklärungsebene entfällt. Ein Vorteil des gewählten Designs liegt in der Aufteilung aller Klassen in Philosophie- und Biologiegruppe, da so Faktoren auf Lehrpersonen- und Klassenebene auf beide Gruppen im selben Masse einwirken.

Erhebliche Limitationen ergeben sich aufgrund der Erhebungsinstrumente, welche in dieser Studie verwendet wurden. Sowohl beim Verständnis und der Akzeptanz der Evolution als auch dem Verständnis von *nature of science* konnte nicht auf etablierte und bewährte Instrumente zurückgegriffen werden. Die Erfassung der Akzeptanz der Evolution erweist sich aufgrund der inkonsistenten Vorstellungen

der Lernenden sowie der Problematik des Framing grundsätzlich als anspruchsvoll (vgl. Kapitel 3.2). Um einen für die Zielstufe adäquaten Fragebogen bereitzustellen, wurden Items aus verschiedenen Instrumenten ausgewählt. Die sechs Items bilden dabei nur einen spezifischen Teil der Akzeptanz der Evolution ab, so dass sich die Frage nach Inhaltsvalidität stellt. Zugleich zeigten sich in der empirischen Auswertung Mängel im Instrument. So sollten zur Erfassung einer Subdimension in der Regel mehr als zwei Indikatoren eingesetzt werden. Die Ladungsstärken der einzelnen Items unterschieden sich erheblich, was auf deren ungleiche Bedeutung für das Konstrukt hinweist. Die fehlende umfassende Validierung an grossen und unterschiedlichen Stichproben schränkt die Aussagekraft des Instrumentes ein. Diese mangelnde Validierung und die daraus resultierenden Konsequenzen treffen auch auf den Verständnistest sowie das Ratinginstrument zu, welche mangels Alternativen adaptiert und entwickelt wurden. Die Auswahl eines zielführenden Erhebungsverfahrens für das Verständnis von *nature of science* erwies sich ebenfalls als schwierig, so dass schliesslich zwei Skalen zu epistemologischen Überzeugungen ausgewählt wurden, die lediglich einzelne Facetten des Konstruktes reflektieren. Das für diese Untersuchung zentrale Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft sowie die Unterscheidung unterschiedlicher Arten der Erkenntnis konnten nicht erhoben werden. Somit können ausschliesslich Aussagen zu diesem kleinen Ausschnitt von *nature of science* formuliert werden. Die Qualität der philosophischen Gespräche wurde mit einem selbst entwickelten hoch inferenten Ratinginstrument beurteilt, welches – wie bereits erwähnt – nicht systematisch validiert wurde. In der statistischen Auswertung zeigte sich, dass die Abgrenzung der verschiedenen Dimensionen noch unzureichend ist. Hoch inferente Ratings beinhalten ausserdem immer systematische Fehler, welche aufgrund der Rater*innen zustande kommen. Die teilweise geringe Interrater-Reliabilität in einzelnen Dimensionen deutet auf ein divergierendes Verständnis hin. Die Beurteilung mithilfe des entwickelten Instruments lässt weiter keine Aussage darüber zu, inwiefern es sich bei den durchgeführten Gesprächen überhaupt um philosophische Gespräche handelte. Aufgrund der Verletzung von grundlegenden Qualitätskriterien in manchen Gesprächen wäre eine Adressierung dieser Frage relevant (Petersen, 2018).

Weitere Limitationen sind auf die gewählten Methoden zur Auswertung der Daten zurückzuführen. So konnte keine konsequente Berücksichtigung der Mehrebenenstruktur stattfinden, da sich die Stichprobe für solche Berechnungen als zu klein erwies. Dies kann – wie im Kapitel 8.3 beschrieben – die Berechnung der Standardfehler in Modellen beeinflussen. Überdies wurden keine Merkmale auf Klassen- und Lehrpersonenebene berücksichtigt, was einen noch besseren Einblick in die Zusammenhänge ermöglicht hätte. Verschiedene wichtige (Kontroll-)Variablen wurden in der Studie nicht erfasst. Die schulische Leistungsfähigkeit konnte aufgrund der fehlenden Daten, deren Ursache die Covid-19 Pandemie darstellt, nur teilweise berücksichtigt werden. Die geringe Varianzaufklärung in der Philosophiegruppe zeigt, dass wichtige Einflussgrößen nicht gemessen und berücksichtigt wurden.

12 Ausblick

Obschon diese Untersuchung einige Einblicke in die Zusammenhänge im Themenbereich der Evolution unter Schweizer Sekundarschüler*innen ermöglicht, bleiben zahlreiche Fragen unbeantwortet. In diesem Kapitel soll folglich dargelegt werden, welche weiteren Forschungsarbeiten zu einem besseren Verständnis beitragen könnten.

Entscheidend für eine nähere Untersuchung vieler Fragestellungen sind valide und vergleichbare Messinstrumente. In der Thematik der Evolution existiert eine grosse Diversität an Erhebungsinstrumenten, welche zugleich häufig eine mangelnde Validität aufweisen, was eine Vergleichbarkeit erschwert. Diese bereits bekannte Problematik wird durch eine aktuelle Studie erneut sichtbar, in welcher Untersuchungen zur Evolution in Europa aus den letzten zehn Jahren berücksichtigt wurden (Kuschmierz et al., 2020). Es ist deshalb zentral, valide Instrumente zu entwickeln, welche in verschiedenen Kontexten eingesetzt werden. Das aktuell laufende und von der EU geförderte Projekt *Assessment of attitudes towards evolution and knowledge about evolutionary processes and concepts across Europe* verfolgt das Ziel, mithilfe eines einheitlichen Fragebogens vergleichbare Daten für zahlreiche europäische Länder zu generieren (Beniermann et al., 2021). Dies kann als ein wichtiger Schritt in die Richtung eines gemeinsamen Forschungsvorgehens betrachtet werden, welches vergleichbare Resultate zutage fördert. Inwiefern sich die eingesetzten Instrumente für Jugendliche im Alter von Schweizer Sekundarschüler*innen eignen, bleibt zu klären.

Bezüglich der Erhebungsinstrumente zum Verständnis von *nature of science* besteht ebenfalls weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Um zu eruieren, welche Aspekte von *nature of science* für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution entscheidend sind – ein Aspekt, welcher aufgrund dieser Untersuchung nicht beantwortet werden kann – sind umfassende und valide Erhebungsverfahren notwendig, welche für Schüler*innen auf der Sekundarstufe 1 geeignet sind. Eine solche valide Messung von Aspekten von *nature of science* wäre weiter wichtig, um geeignete Fördermassnahmen für den Unterricht zu untersuchen. Durch umfassende Erhebungsverfahren, welche auch das Verhältnis von Religion und Natur-

wissenschaft oder die Unterscheidung verschiedener Wissensformen berücksichtigen, kann der Zusammenhang von Akzeptanz, *nature of science* und Religiosität besser verstanden werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung deuten darauf hin, dass die Wirkung der Religiosität und der epistemologischen Überzeugungen durch weitere Faktoren beeinflusst wird. Welche Konstrukte eine Rolle spielen, muss durch den Einbezug weiterer Variablen sowie verbesserter Erhebungsinstrumente in weiteren Studien untersucht werden.

Ein weiteres spannendes und nach wie vor nur spärlich bearbeitetes Forschungsfeld stellt das Philosophieren in den Fächern dar. Die Ergebnisse dieser Arbeit deuten darauf hin, dass qualitätsvolle philosophische Gespräche einen positiven Effekt auf die Akzeptanz der Evolution ausüben. Dieser Zusammenhang muss in weiteren Interventionsstudien untersucht werden. Dabei erwiese sich insbesondere die nähere Betrachtung der philosophischen Gespräche mithilfe qualitativer Auswertungsansätze als gewinnbringend, da so Schüler*innenvorstellungen und allfällige Veränderungen in Erfahrung gebracht werden könnten. Um die Bedeutung der Qualität solcher Gespräche beurteilen zu können, muss die Erfassung derselben geschärft und in weiteren Studien erprobt werden. Aufgrund der zentralen Rolle der Gesprächsleitung beim Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen sollten sich zukünftige Studien auch diesem Forschungsdesiderat widmen. Dabei können weitere Informationen über eine gute Gesprächsführung sowie das Zusammenspiel von Schüler*innen- und Lehrpersonenbeiträgen gesammelt werden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Komponenten von NOS nach McComas und Olson, 1998, S. 50...64	
Abbildung 2: Rahmenmodell zu nature of science nach Dagher und Erduran, 2016, S. 155.....	69
Abbildung 3: Typologie zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft nach Yasri und Mancy, 2014, S. 32.....	108
Abbildung 4: Beschreibung der vier Typen des Engagements anhand von vier Dimensionen nach Hanley et al., 2014, S. 1220.	109
Abbildung 5: Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung nach Yasri und Mancy, 2016, S. 387.....	113
Abbildung 6: Design der Studie.....	138
Abbildung 7: Messmodell zur Akzeptanz der Evolution im Posttest (N = 333). Model fit: $\chi^2(6) = 6.246$, $p = .396$; CFI = 0.999; TLI = 0.998; RMSEA = .011; SRMR = .019.	150
Abbildung 8: Messmodell zur Entwicklung des Wissens im Posttest (N = 333). Model fit: $\chi^2(2) = 2.622$, $p = .269$; CFI = 0.998; TLI = 0.993; RMSEA = .032; SRMR = .014.	154
Abbildung 9: Messmodell zur Sicherheit des Wissens im Posttest (N = 333). Model fit: $\chi^2(4) = 4.003$, $p = .406$; CFI = 1.000; TLI = 1.000; RMSEA < .002; SRMR = .017.	156
Abbildung 10: Messmodell zur Religiosität (N = 301). Model fit: $\chi^2(5) = 2.383$, $p = .794$; CFI = 1.000; TLI = 1.009; RMSEA = <.001; SRMR = .010.....	158
Abbildung 11: Messmodell zum Verständnis der Evolution im Posttest (N = 333). Model fit: $\chi^2(5) = 54.206$, $p = .283$; CFI = .994; TLI = .991; RMSEA = .018; SRMR = .037.....	161
Abbildung 12: Beispiel eines bivariaten Latent Change Score Modells mit mehreren Indikatoren (Grossbuchstaben: latente Variablen, Kleinbuchstaben: manifeste Variablen, β und λ : Beziehungen zwischen Variablen, δ : Fehlerterme).	174
Abbildung 13: Histogramm zur Qualität der philosophischen Gespräche.	187
Abbildung 14: Histogramm zur Veränderung der Akzeptanz der Evolution in Philosophie- (N = 171), Biologie- (N = 141) und Wartekontrollgruppe (N = 78).....	189
Abbildung 15: Histogramm zur Veränderung des Verständnisses der Evolution in Philosophie- (N = 171), Biologie- (N = 141) und Wartekontrollgruppe (N = 78).....	190
Abbildung 16: Histogramm zur Veränderung der Skala Entwicklung des Wissens in Philosophie- (N = 171), Biologie- (N = 141) und Wartekontrollgruppe (N = 78).....	191
Abbildung 17: Histogramm zur Veränderung der Skala Sicherheit des Wissens in Philosophie- (N = 171), Biologie- (N = 141) und Wartekontrollgruppe (N = 78).....	192
Abbildung 18: Vollständiges Strukturgleichungsmodell zum Zeitpunkt des Posttests für die Philosophiegruppe (N = 180) mit der Skala Entwicklung des Wissens. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen,	

- gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. R = Religiosität, AE = Akzeptanz der Evolution (Subdimensionen: UV = Unveränderliche Form, LP = Langdauernder Prozess, A = Abstammung), EE = Entwicklung des Wissens (epistemologische Überzeugungen), V = Verständnis der Evolution, SL = Schulische Leistungsfähigkeit. 198
- Abbildung 19: Vollständiges Strukturgleichungsmodell zum Zeitpunkt des Posttests für die Biologiegruppe (N = 153) mit der Skala Entwicklung des Wissens. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. R = Religiosität, AE = Akzeptanz der Evolution (Subdimensionen: UV = Unveränderliche Form, LP = Langdauernder Prozess, A = Abstammung), EE = Entwicklung des Wissens (epistemologische Überzeugungen), V = Verständnis der Evolution, SL = Schulische Leistungsfähigkeit. 199
- Abbildung 20: Strukturgleichungsmodell zum Zeitpunkt des Posttests für die Philosophiegruppe (N = 180) mit der Skala Sicherheit des Wissens. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. R = Religiosität, AE = Akzeptanz der Evolution (Subdimensionen: UV = Unveränderliche Form, LP = Langdauernder Prozess, A = Abstammung), ES = Sicherheit des Wissens (epistemologische Überzeugungen), V = Verständnis der Evolution, SL = Schulische Leistungsfähigkeit. 205
- Abbildung 21: Strukturgleichungsmodell zum Zeitpunkt des Posttests für die Biologiegruppe (N = 153) mit der Skala Sicherheit des Wissens. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. R = Religiosität, AE = Akzeptanz der Evolution (Subdimensionen: UV = Unveränderliche Form, LP = Langdauernder Prozess, A = Abstammung), ES = Sicherheit des Wissens (epistemologische Überzeugungen), V = Verständnis der Evolution, SL = Schulische Leistungsfähigkeit. 206
- Abbildung 22: Boxplot zur Religiosität nach Position im Verhältnis zu Evolution und Schöpfung im Posttest in der Philosophiegruppe (N = 145) und Biologiegruppe (N = 118). 1 = Nicht-Akzeptanz der Evolution, 2 = göttliche Evolution, 3 = agnostische Evolution, 4 = atheistische Evolution. 211
- Abbildung 23: Boxplot zur Skala Entwicklung des Wissens nach Position im Verhältnis zu Evolution und Schöpfung im Posttest in der Philosophiegruppe (N = 159) und Biologiegruppe (N = 133). 1 = Nicht-Akzeptanz der Evolution, 2 = göttliche Evolution, 3 = agnostische Evolution, 4 = atheistische Evolution. 212
- Abbildung 24: Boxplot zur Skala Sicherheit des Wissens nach Position im Verhältnis zu Evolution und Schöpfung im Posttest in der Philosophiegruppe (N = 159) und Biologiegruppe (N = 133). 1 = Nicht-Akzeptanz der Evolution, 2 = göttliche Evolution, 3 = agnostische Evolution, 4 = atheistische Evolution. 213
- Abbildung 25: Boxplot zur schulischen Leistungsfähigkeit nach Position im Verhältnis zu Evolution und Schöpfung im Posttest in der Philosophiegruppe (N = 108) und Biologiegruppe (N = 82). 1 = Nicht-Akzeptanz der Evolution,

2 = göttliche Evolution, 3 = agnostische Evolution, 4 = atheistische Evolution.	214
Abbildung 26: Boxplot zur Religiosität nach Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im Posttest in der gesamten Interventionsgruppe (N = 301). 1 = Konflikt (1), 2 = Konflikt (2), 3 = Kontrast, 4 = Ergänzung.....	219
Abbildung 27: Boxplot zur Skala Entwicklung des Wissens nach Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im Posttest in der gesamten Interventionsgruppe (N = 333). 1 = Konflikt (1), 2 = Konflikt (2), 3 = Kontrast, 4 = Ergänzung.	220
Abbildung 28: Boxplot zur Skala Sicherheit des Wissens nach Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im Posttest in der gesamten Interventionsgruppe (N = 333). 1 = Konflikt (1), 2 = Konflikt (2), 3 = Kontrast, 4 = Ergänzung.....	220
Abbildung 29: Boxplot zur Akzeptanz der Evolution nach Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft im Posttest in der gesamten Interventionsgruppe (N = 333). 1 = Konflikt (1), 2 = Konflikt (2), 3 = Kontrast, 4 = Ergänzung.....	221
Abbildung 30: Latent Change Score Modell 1 für die Philosophiegruppe (N = 180) mit den Skalen Entwicklung des Wissens und Verständnis der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. V1 = Verständnis Prätest, V2 = Verständnis Posttest, ΔV = Veränderung Verständnis, EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, ΔEE = Veränderung Entwicklung des Wissens.	224
Abbildung 31: Latent Change Score Modell 1 für die Biologiegruppe (N = 153) mit den Skalen Entwicklung des Wissens und Verständnis der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. V1 = Verständnis Prätest, V2 = Verständnis Posttest, ΔV = Veränderung Verständnis, EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, ΔEE = Veränderung Entwicklung des Wissens.....	225
Abbildung 32: Latent Change Score Modell 2 für die Philosophiegruppe (N = 180) mit den Skalen Sicherheit des Wissens und Verständnis der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. V1 = Verständnis Prätest, V2 = Verständnis Posttest, ΔV = Veränderung Verständnis, ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, ΔES = Veränderung Sicherheit des Wissens.	227
Abbildung 33: Latent Change Score Modell 2 für die Biologiegruppe (N = 153) mit den Skalen Sicherheit des Wissens und Verständnis der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. V1 = Verständnis Prätest, V2 = Verständnis Posttest, ΔV = Veränderung Verständnis, ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, ΔES = Veränderung Sicherheit des Wissens.....	228

- Abbildung 34: Latent Change Score Modell 3 für die Philosophiegruppe (N = 180) mit den Skalen Entwicklung des Wissens und Akzeptanz der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. AE1 = Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, Δ AE = Veränderung Akzeptanz, EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, Δ EE = Veränderung Entwicklung des Wissens.....230
- Abbildung 35: Latent Change Score Modell 3 für die Biologiegruppe (N = 153) mit den Skalen Entwicklung des Wissens und Akzeptanz der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. AE1 = Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, Δ AE = Veränderung Akzeptanz, EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, Δ EE = Veränderung Entwicklung des Wissens.....231
- Abbildung 36: Latent Change Score Modell 4 für die Philosophiegruppe (N = 180) mit den Skalen Sicherheit des Wissens und Akzeptanz der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. AE1 = Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, Δ AE = Veränderung Akzeptanz, ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, Δ ES= Veränderung Sicherheit des Wissens.233
- Abbildung 37: Latent Change Score Modell 4 für die Biologiegruppe (N = 153) mit den Skalen Sicherheit des Wissens und Akzeptanz der Evolution. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. AE1 = Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, Δ AE = Veränderung Akzeptanz, ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, Δ ES = Veränderung Sicherheit des Wissens.....234
- Abbildung 38: Latent Change Score Modell 5 für die gesamte Interventionsgruppe (N = 333) mit der abhängigen Variablen Entwicklung des Wissens und der unabhängigen Variablen der Gruppenzugehörigkeit. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, Δ EE = Veränderung Entwicklung des Wissens, Biologiegruppe = Schüler*innen der Biologiegruppe.....238
- Abbildung 39: Latent Change Score Modell 6 für die gesamte Interventionsgruppe (N = 333) mit der abhängigen Variablen Sicherheit des Wissens und der unabhängigen Variablen der Gruppenzugehörigkeit. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, Δ ES = Veränderung Sicherheit des Wissens, Biologiegruppe = Schüler*innen der Biologiegruppe.....239
- Abbildung 40: Latent Change Score Modell 7 für die gesamte Interventionsgruppe (N = 333) mit der abhängigen Variablen Akzeptanz der Evolution und der unabhängigen Variablen der Gruppenzugehörigkeit. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. AE1 =

- Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, Δ AE = Veränderung Akzeptanz, Biologiegruppe = Schüler*innen der Biologiegruppe.....240
- Abbildung 41: Latent Change Score Modell 8 für die Philosophiegruppe (N = 180) mit der abhängigen Variablen Entwicklung des Wissens und der unabhängigen Variablen der Qualität der philosophischen Gespräche. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen und graue Linien marginal signifikante Beziehungen. EE1 = Entwicklung des Wissens Prätest, EE2 = Entwicklung des Wissens Posttest, Δ EE = Veränderung Entwicklung des Wissens, Rating: Qualität = Qualität der philosophischen Gespräche.243
- Abbildung 42: Latent Change Score Modell 9 für die Philosophiegruppe (N = 180) mit der abhängigen Variablen Sicherheit des Wissens und der unabhängigen Variablen der Qualität der philosophischen Gespräche. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. ES1 = Sicherheit des Wissens Prätest, ES2 = Sicherheit des Wissens Posttest, Δ ES = Veränderung Sicherheit des Wissens, Rating: Qualität = Qualität der philosophischen Gespräche.244
- Abbildung 43: Latent Change Score Modell 10 für die Philosophiegruppe (N = 180) mit der abhängigen Variablen Akzeptanz der Evolution und der unabhängigen Variablen der Qualität der philosophischen Gespräche. Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. AE1 = Akzeptanz Prätest, AE2 = Akzeptanz Posttest, Δ AE = Veränderung Akzeptanz, Rating: Qualität = Qualität der philosophischen Gespräche.245

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hebammenfragen im philosophischen Gespräch	23
Tabelle 2: Moderationsfragen und Äusserungen zur Förderung der Ko- Konstruktion.....	24
Tabelle 3: Übersicht in alphabetischer Reihenfolge zu den im Text aufgeführten Studien zum Philosophieren mit Kindern	37
Tabelle 4: Konsensliste nach McComas und Olson, 1998	64
Tabelle 5: Konsensliste nach Osborne et al., 2003	65
Tabelle 6: Zentrale Aspekte von nature of science nach Lederman et al., 2002 ...	66
Tabelle 7: Zentrale Aspekte von scientific inquiry nach Lederman et al., 2014 ...	66
Tabelle 8: Überblick zu nature of science nach Kircher und Dittmer, 2004	67
Tabelle 9: Family Resemblance Approach nach Irzik und Nola, 2014	68
Tabelle 10: Verbreitete Fehlvorstellungen zu nature of science nach McComas, 1998	72
Tabelle 11: Übersicht in alphabetischer Reihenfolge zu den im Text aufgeführten Studien im Kontext der Evolution.....	95
Tabelle 12: Typologie der Welterklärung nach Höger, 2008, S. 83 und S. 195..	111
Tabelle 13: Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung übersetzt nach Yasri und Mancy, 2016	112
Tabelle 14: Übersicht zu Inhalten und Lernzielen der Lektionen	142
Tabelle 15: Religionszugehörigkeit nach Stichprobe in Prozent.....	147
Tabelle 16: Skala zur Akzeptanz der Evolution	149
Tabelle 17: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Akzeptanz der Evolution zwischen Philosophie- und Biologiegruppe (Philosophiegruppe: N = 180; Biologiegruppe: N = 153)	150
Tabelle 18: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Akzeptanz der Evolution zwischen Prä- und Posttest (N = 333)	151
Tabelle 19: Erhebungsinstrument zu Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung nach Yasri und Mancy, 2016	152
Tabelle 20: Erhebungsinstrument zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft	153
Tabelle 21: Adaptierte Skala zu epistemologischen Überzeugungen nach Conley et al., 2004	154
Tabelle 22: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Entwicklung des Wissens zwischen Philosophie- und Biologiegruppe (Philosophiegruppe: N = 180; Biologiegruppe: N = 153)	155
Tabelle 23: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Entwicklung des Wissens zwischen Prä- und Posttest (N = 333)	155
Tabelle 24: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Sicherheit des Wissens zwischen Philosophie- und Biologiegruppe (Philosophiegruppe: N = 180; Biologiegruppe: N = 153)	156
Tabelle 25: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Entwicklung des Wissens zwischen Prä- und Posttest (N = 333)	157

Tabelle 26: Adaptierte Skala zur Religiosität nach Huber, 2003	157
Tabelle 27: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Religiosität zwischen Philosophie- und Biologiegruppe (Philosophiegruppe: N = 165; Biologiegruppe: N = 135)	158
Tabelle 28: Erhebungsinstrument zum Verständnis der Evolution	160
Tabelle 29: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Verständnis der Evolution zwischen Philosophie- und Biologiegruppe (Philosophiegruppe: N = 180; Biologiegruppe: N = 153)	162
Tabelle 30: Niedrig und hoch inferente Verfahren adaptiert nach Lotz et al., 2013	163
Tabelle 31: Die vier Kategorien der Qualität philosophischer Gespräche	165
Tabelle 32: Dimensionen und Indikatoren des Ratinginstrumentes zur Beurteilung der Qualität von philosophischen Gesprächen	165
Tabelle 33: Ergebnis der Maximum-Likelihood-Faktoranalyse mit Oblimin- Rotation zur Erfassung der Dimensionalität der Qualität philosophischer Gespräche	167
Tabelle 34: Religiosität nach Stichprobe	176
Tabelle 35: Ergebnisse des Stellwerttests nach Stichprobe	177
Tabelle 36: Akzeptanz der Evolution nach Stichprobe und Zeitpunkt	177
Tabelle 37: Akzeptanz der Evolution nach Religionszugehörigkeit	178
Tabelle 38: Relative Häufigkeit der Positionen zwischen Schöpfung und Evolution nach Stichprobe und Zeitpunkt in Prozent	179
Tabelle 39: Verständnis der Evolution nach Stichprobe und Zeitpunkt	180
Tabelle 40: Entwicklung des Wissens nach Stichprobe und Zeitpunkt	180
Tabelle 41: Sicherheit des Wissens nach Stichprobe und Zeitpunkt	181
Tabelle 42: Relative Häufigkeiten zur Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft nach Stichprobe und Zeitpunkt in Prozent	182
Tabelle 43: Korrelationen der Skalen in der Philosophiegruppe	183
Tabelle 44: Korrelationen der Skalen in der Biologiegruppe	184
Tabelle 45: Korrelationen der Skalen in der Wartekontrollgruppe	185
Tabelle 46: Mittelwerte und Standardabweichungen aller Konstrukte im Lehrpersonenfragebogen	186
Tabelle 47: Ergebnisse des Ratings nach Kategorie und Qualität insgesamt	187
Tabelle 48: Zweiseitige t-Tests für abhängige Stichproben in der Philosophiegruppe (N = 171)	188
Tabelle 49: Zweiseitige t-Tests für abhängige Stichproben in der Biologiegruppe (N = 141)	188
Tabelle 50: Zweiseitige t-Tests für abhängige Stichproben in der Wartekontrollgruppe (N = 78)	189
Tabelle 51: Strukturgleichungsmodelle zum Zeitpunkt des Posttests zum Mehrgruppenvergleich mit der Skala Entwicklung des Wissens (Philosophiegruppe: N = 180; Biologiegruppe N = 153)	194
Tabelle 52: Fit Werte der Modelle mit der Skala Entwicklung des Wissens zum Zeitpunkt des Posttests	197

Tabelle 53: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution und der Skala Entwicklung des Wissens im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.126, N = 165; Biologiegruppe = 0.352, N = 136)	200
Tabelle 54: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Verständnis der Evolution und der Skala Entwicklung des Wissens im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.105, N = 165; Biologiegruppe = 0.224, N = 136)	201
Tabelle 55: Strukturgleichungsmodelle zum Zeitpunkt des Posttests zum Mehrgruppenvergleich mit der Skala Sicherheit des Wissens (Philosophiegruppe: N = 180; Biologiegruppe: N = 153).....	202
Tabelle 56: Fit Werte der Modelle mit der Skala Sicherheit des Wissens zum Zeitpunkt des Posttests	204
Tabelle 57: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution und der Skala Sicherheit des Wissens im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.052, N = 165; Biologiegruppe = 0.124, N = 136)	207
Tabelle 58: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Verständnis der Evolution und der Skala Sicherheit des Wissens im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.046, N = 165; Biologiegruppe = 0.149, N = 136)	208
Tabelle 59: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution und der Skala Entwicklung des Wissens im Prätest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.144, N = 165; Biologiegruppe = 0.139, N = 136)	209
Tabelle 60: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution und der Skala Sicherheit des Wissens im Prätest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.062, N = 165; Biologiegruppe = 0.095, N = 136)	210
Tabelle 61: Zusammengefasste Positionen im Verhältnis von Evolution und Schöpfung.....	211
Tabelle 62: Fit Werte der Latent Change Score Modelle der Forschungsfrage 3235	
Tabelle 63: Fit Werte der Latent Change Score Modelle der Forschungsfrage 4237	
Tabelle 64: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Verständnis der Evolution im Posttest und unabhängiger Variable Gruppenzugehörigkeit (Marginales R-Quadrat: Gesamte Interventionsgruppe = 0.120, N = 301)	241
Tabelle 65: Korrelationen zwischen der Qualität der philosophischen Gespräche insgesamt und einzelner Dimensionen und weiteren Konstrukten	242
Tabelle 66: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Verständnis der Evolution im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe = 0.261, N = 165)	246
Tabelle 67: Mittelwerte der zentralen Konstrukte von Philosophiegruppe H und T	248
Tabelle 68: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe gesamt = 0.341, N = 165).....	249

Tabelle 69: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution im Prätest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe H = 0.223, N = 82; Philosophiegruppe T = 0.086, N = 83)	250
Tabelle 70: Ergebnis des Mehrebenen-Regressionsmodells mit abhängiger Variable Akzeptanz der Evolution im Posttest (Marginales R-Quadrat: Philosophiegruppe H = 0.128, N = 82; Philosophiegruppe T = 0.107, N = 83)	250

Literaturverzeichnis

- Aflalo, E. (2018). Changes in the perceptions of the nature of science and religious belief. *Issues in Educational Research*, 28(2), 237–253. Zugriff am 07.05.2019. Verfügbar unter: <http://www.iier.org.au/iier28/aflalo.pdf>
- 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>
- Albers, S. (2016). Sachunterricht studieren. Bildung im Blickpunkt - das Sokratische Gespräch. *Widerstreit Sachunterricht*, 22.
- Alexander, R. (2008). *Towards Dialogic Teaching. rethinking classroom talk*. York: Dialogos.
- Alfs, N. & Hößle, C. (2013). Förderung der Bewertungskompetenz. Eine Innovationsstudie im Rahmen des Projektes HannoverGEN. *Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 66(4), 237–243.
- Allchin, D. (2011). Teaching Whole Science. *The American Biology Teacher*, 73(1), 53–55. <https://doi.org/10.1525/abt.2011.73.1.12>
- Allchin, D. (2012). Toward clarity on Whole Science and KNOWS. *Science Education*, 96(4), 693–700. <https://doi.org/10.1002/sc.21017>
- Allchin, D. (2014). From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom. *Science & Education*, 23(9), 1911–1932. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9672-8>
- Allchin, D. (2017). Beyond the Consensus View: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18–26. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271921>
- Allchin, D., Møller Andersen, H. & Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, 98(3), 461–486. <https://doi.org/10.1002/sc.21111>
- Allum, N., Sturgis, P., Tabourazi, D. & Brunton-Smith, I. (2008). Science knowledge and attitudes across cultures: a meta-analysis. *Public Understanding of Science*, 17(1), 35–54. <https://doi.org/10.1177/0963662506070159>
- Alt, K. (2018). Sprachbildung im Gedankenaustausch – Welchen Beitrag kann das Philosophieren mit Kindern zur Sprachbildung von Kindern im Vorschulalter leisten? In H. de Boer & K. Michalik (Hrsg.), *Philosophieren mit Kindern - Forschungszugänge und -perspektiven* (S. 81–90). Leverkusen-Opladen: Verlag Barbara Budrich.

- Anderson, D. L., Fisher, K. M. & Norman, G. J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 952–978. <https://doi.org/10.1002/tea.10053>
- Arndt, L., Billion-Kramer, T., Wilhelm, M. & Rehm, M. (2020). NOS-Modellierungen – Ein theoretischer Konflikt mit fehlender empirischer Basis. *Progress in Science Education (PriSE)*, 3(1), 35–45. <https://doi.org/10.25321/PRISE.2020.994>
- Arndt, L., Billion-Kramer, T., Wilhelm, M. & Rehm, M. (2019). Antinomien der Naturwissenschaft – Chance zum produktiven und reflektierten Meinungsbildungsprozess im naturwissenschaftlichen Unterricht. *CHEMKON*. <https://doi.org/10.1002/ckon.201900020>
- 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/10.1037/00220663.99.3.626>
- Astley, J. & Francis, L. J. (2010). Promoting positive attitudes towards science and religion among sixth-form pupils: dealing with scientism and creationism. *British Journal of Religious Education*, 32(3), 189–200. <https://doi.org/10.1080/01416200.2010.498604>
- 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>
- Baack, W. (2008). *Philosophieren mit Kindern im Grundschulalter*. Grin Verlag.
- Bandalos, D. L. & Boehm-Kaufmann, M. R. (2009). Four common misconceptions in exploratory factor analysis. In C. E. Lance & R. J. Vandenberg (Hrsg.), *Statistical and methodological myths and urban legends* (S. 61–87). New York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- 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. & Brownell, S. E. (2016). Practices and Perspectives of College Instructors on Addressing Religious Beliefs When Teaching Evolution. *CBE Life Sciences Education*, 15(2). <https://doi.org/10.1187/cbe.15-11-0243>
- Barnes, M. E. & Brownell, S. E. (2017). A Call to Use Cultural Competence When Teaching Evolution to Religious College Students: Introducing Religious Cultural Competence in Evolution Education (ReCCEE). *CBE Life Sciences Education*, 16(4). <https://doi.org/10.1187/cbe.17-04-0062>
- Barnes, M. E., Dunlop, H. M., Holt, E. A., Zheng, Y. & Brownell, S. E. (2019). Different evolution acceptance instruments lead to different research findings. *Evolution: Education and Outreach*, 12(1), 952. <https://doi.org/10.1186/s12052-019-0096-z>

- 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>
- Barnes, M. E., Evans, E. M., Hazel, A., Brownell, S. E. & Nesse, R. M. (2017). Teleological reasoning, not acceptance of evolution, impacts students' ability to learn natural selection. *Evolution: Education and Outreach*, 10(1), 152. <https://doi.org/10.1186/s12052-017-0070-6>
- 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>
- Bartoń, K. (2020). *Package 'MuMIn'. Multi-Model Inference*. Verfügbar unter: <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/MuMIn.pdf>
- Bates, D., Maechler, M. & Walker, S. (2015). "Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4". *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. Verfügbar unter: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v067i01>
- 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>
- Beniermann, A., Kuschmierz, P., Pinxten, R., Aivelo, T., Bohlin, G., Brennecke, J. S. et al. 2021. *Evolution Education Questionnaire on Acceptance and Knowledge (EEQ) - Standardised and ready-to-use protocols to measure acceptance of evolution and knowledge about evolution in an international context*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4554742>
- Betti, L., Shaw, P. & Behrends, V. (2020). Acceptance of Biological Evolution by First-Year Life Sciences University Students. *Science & Education*, 29(2), 395–409. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00110-0>
- Bieri, P. (2017). *Wie wäre es, gebildet zu sein?* (Originalausgabe, 1. Auflage). München/Grünwald: Komplet-Media.
- Bietenhard, S. (2020). NMG-Sachunterricht: Kompetenzorientierte (philosophische) Gespräche führen im Kindergarten und auf der Primarstufe. In M. Adamina, U. Aebersold, S. Bietenhard, E. Eichelberger, V. Huber Nievergelt & S. Junger (Hrsg.), *Kompetenzorientierte, fachspezifische Unterrichtsentwicklung. Professionalisierung von Lehrpersonen durch fachdidaktische Fallarbeit* (Beiträge für die Praxis, 1. Auflage, S. 62–76). Bern: hep.
- 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>

- Billion-Kramer, T. (2021). *Nature of Science*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33397-3>
- Biologos. (2019). *What We Believe*, Biologos. Zugriff am 21.11.2019. Verfügbar unter: <https://biologos.org/about-us/what-we-believe/>
- Birkmeyer, J., Combe, A., Gebhard, U., Knauth, T. & Vollstedt, M. (2015). Lernen und Sinn. Zehn Grundsätze zur Bedeutung der Sinnkategorie in schulischen Bildungsprozessen. In U. Gebhard (Hrsg.), *Sinn im Dialog. Zur Möglichkeit sinnkonstituierender Lernprozesse im Fachunterricht* (S. 9–31). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Bishop, B. A. & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415–427. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270503>
- Blesenkemper, K. (2016). Das sokratische Gespräch. In B. Brüning (Hrsg.), *Ethik/Philosophie Didaktik* (S. 71–84). Berlin: Cornelsen Verlag GmbH.
- Bliese, P. D. (2000). Within-Group Agreement, Non-Independence, and Reliability. Implications for Data Aggregation and Analysis. In K. J. Klein & S. W. J. Kozlowski (Eds.), *Multilevel theory, research, and methods in organizations. Foundations, extensions, and new directions* (Frontiers of industrial and organizational psychology, S. 349–381). San Francisco: Jossey-Bass.
- Bliese, P. D. (2016). *Multilevel Modeling in R (2.6). A Brief Introduction to R, the multilevel package and the nlme package*. Zugriff am 10.04.2021. Verfügbar unter: https://cran.r-project.org/doc/contrib/Bliese_Multilevel.pdf
- Bögeholz, S., Höhle, C., Langlet, J., Sander, E. & Schlüter, K. (2004). Bewerten - Urteilen - Entscheiden im biologischen Kontext. Modelle der Biologiedidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 89–115.
- Borgerding, L. A., Deniz, H. & Anderson, E. S. (2017). Evolution acceptance and epistemological beliefs of college biology students. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(4), 493–519. <https://doi.org/10.1002/tea.21374>
- 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.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2016). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Extras online* (Springer-Lehrbuch, Limitierte Sonderausgabe, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer. Verfügbar unter: <http://www.springer.com/>
- Brüning, B. (2003). *Philosophieren in der Sekundarstufe. Methoden und Medien*. Weinheim, Basel, Berlin: Beltz.
- Brüning, B. (2004). Philosophieren in der Grundschule. Methoden und internationale Bilanz. In H.-J. Müller & S. Pfeiffer (Hrsg.), *Denken als didaktische Ziel-*

- kompetenz. *Philosophieren mit Kindern in der Grundschule; Tagung "Philosophieren mit Kindern in der Grundschule" 23./24. April in Oldenburg* (S. 32–41). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Brüning, B. (2013). Didaktisch-methodische Grundbausteine für den Philosophieunterricht in der Primarstufe und die Konzeption von Unterrichtsmaterialien. In Goebels, Anne [Hrsg.], Nisters & Thomas [Hrsg.] (Hrsg.), *Philosophie - ein Kinderspiel? Zugänge zur Philosophie in der Primarstufe. Tagungsband zur Fachtagung am 07. Dezember 2013 in Köln* (S. 34–50).
- Brüning, B. (2015). *Philosophieren mit Kindern. Eine Einführung in Theorie und Praxis* (Einführungen: Pädagogik, Bd. 6). Berlin u.a.: Lit-Verl.
- Brüning, B. (Hrsg.). (2016). *Ethik/Philosophie Didaktik*. Berlin: Cornelsen Verlag GmbH.
- Budke, A. (2012). "Ich argumentiere, also verstehe ich." - Über die Bedeutung von Kommunikation und Argumentation für den Geographieunterricht. In A. Budke (Hrsg.), *Kommunikation und Argumentation* (S. 5–16). Westermann.
- Budke, A. & Meyer, M. (2015). Fachlich argumentieren lernen. Die Bedeutung der Argumentation in den unterschiedlichen Schulfächern. In A. Budke, M. Kuckuck, M. Meyer, F. Schäbitz, K. Schlüter & G. Weiss (Hrsg.), *Fachlich argumentieren lernen. Didaktische Forschungen zur Argumentation in den Unterrichtsfächern* (LehrerInnenbildung gestalten, Bd. 7, 1. Aufl., neue Ausg, S. 9–30). Münster, Westf: Waxmann.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (PS Psychologie, 3., aktualisierte und erw. Aufl.). München: Pearson Studium. Verfügbar unter: <http://lib.myilibrary.com/detail.asp?id=404890>
- Burkhard, P. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159–175.
- Burroughs, M. D. (2013). A Different Education. Philosophy and High School. In S. Goering, N. J. Shudak & T. E. Wartenberg (Hrsg.), *Philosophy in schools. An introduction for philosophers and teachers* (Routledge Studies in Contemporary Philosophy, Bd. 47, S. 179–189). New York: Routledge.
- Busmann, B. & Martens, E. (2016). Was die Philosophiedidaktik für den Unterricht leistet. Wozu und wie? - Philosophieren als elementare Kulturtechnik. In B. Brüning (Hrsg.), *Ethik/Philosophie Didaktik* (S. 19–22). Berlin: Cornelsen Verlag GmbH.
- Cam, P. & Beck, U. (1996). *Zusammen nachdenken. Philosophische Fragestellungen für Kinder und Jugendliche; eine praktische Einführung*. Mühlheim an der Ruhr: Verl. an der Ruhr.
- Camhy, D. G. (2013). Philosophieren mit Kindern aus kosmopolitischer Perspektive. Komplexes Denken und das Konzept der Community of Inquiry. *Pädagogische Rundschau*, 67(6), 731–740.

- 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>
- Chi, M. T. H. & Menekse, M. (2015). Dialogue Patterns in Peer Collaboration That Promote Learning. In L. B. Resnick, C. S. C. Asterhan & S. N. Clarke (Hrsg.), *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue* (S. 263–274).
- 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>
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037//0033-2909.112.1.155>
- Collins, C. (2007). *The Role of Dialogue-Based Ethical Inquiry in Educating for a Just Democracy: An Intervention Study*. Verfügbar unter: <https://ep.liu.se/ecp/021/vol1/005/ecp2107005.pdf>
- Colom, R., García Moriyón, F., Magro, C. M. & Morilla, E. (2014). The Long-term Impact of Philosophy for Children: A Longitudinal Study (Preliminary Results). *Analytic Teaching and Philosophical Praxis*, 35(1).
- Combe, A. & Gebhard, U. (2012). *Verstehen im Unterricht. Die Rolle von Phantasie und Erfahrung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-531-94281-0>
- Conley, A. M., Pintrich, P. R., Vekiri, I. & Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology*, 29(2), 186–204. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2004.01.004>
- Council of Europe. (2007). *The dangers of creationism in education. Resolution 1580*. Verfügbar unter: <http://assembly.coe.int/nw/xml/XRef/Xref-XML2HTML-EN.asp?fileid=17592&lang=en>
- Dagher, Z. R. & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 25(1-2), 147–164. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8>
- Daniel, M.-F. (2008). Learning to Philosophize. Positive Impacts and Conditions for Implementation. *Thinking: The Journal of Philosophy for Children*, 18(4), 36–48. <https://doi.org/10.5840/thinking200818415>
- Daniel, M.-F. (2012). Pupils' Age and Philosophical Praxis: Two Factors Influence the Development of Critical Thinking in Children. *Childhood and Philosophy*, 8(15), 105–130.

- Daniel, M.-F. & Gagnon, M. (2011). Developmental Process of Dialogical Critical Thinking in Groups of Pupils Aged 4 to 12 Years. *Creative Education*, 02(05), 418–428. <https://doi.org/10.4236/ce.2011.25061>
- Daniel, M.-F., Gagnon, M. & Auriac-Slusarczyk, E. (2017). Dialogical Critical Thinking in Kindergarten and Elementary School: Studies on the Impact of Philosophical Praxis in Pupils. In M. Gregory, J. Haynes & K. Murriss (Hrsg.), *The Routledge international handbook of philosophy for children* (336-244). London: Routledge Taylor & Francis Group.
- Daniel, M.-F., Lafortune, L., Mongeau, P. & Pallascio, R. (2003). Philosophy for Children Adapted to Mathematics. A Study of its Impact on the Evolution of Affective Factors. *Analytic Teaching*, 23(1), 10–25.
- Daniel, M.-F., Lafortune, L., Pallascio, R., Splitter, L., Slade, C. & La Garza, T. de. (2005). Modeling the Development Process of Dialogical Critical Thinking in Pupils Aged 10 to 12 Years. *Communication Education*, 54(4), 334–354. <https://doi.org/10.1080/03634520500442194>
- Daniel, M.-F., Pettier, J.-C. & Auriac-Slusarczyk, E. (2011). The Incidence of Philosophy on Discursive and Language Competence in Four-Year-Old Pupils. *Creative Education*, 02(03), 296–304. <https://doi.org/10.4236/ce.2011.23041>
- Daniel, M.-F., Splitter, L., Slade, C., Lafortune, L., Pallascio, R. & Mongeau, P. (2004). Dialogical critical thinking. Elements of definitions emerging in the analysis of transcripts from pupils aged 10 to 12 years. *Australian Journal of Education*, 48(3).
- 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
- Debus, K. (2017). Dramatisierung, Entdramatisierung und Nicht-Dramatisierung von Geschlecht und sexueller Orientierung in der geschlechterreflektierten Bildung. Oder: (Wie) Kann ich geschlechterreflektiert arbeiten, ohne Stereotype zu verstärken? In I. Glockentöger & E. Adelt (Hrsg.), *Gendersensible Bildung und Erziehung in der Schule. Grundlagen - Handlungsfelder - Praxis* (Beiträge zur Schulentwicklung, 1. Aufl., S. 25–42). Münster: Waxmann.
- Deci, E. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- 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://v-ef.lehrplan.ch/downloads.php>

- Di Masi, D. & Santi, M. (2015). Learning democratic thinking. A curriculum to philosophy for children as citizens. *Journal of Curriculum Studies*, 48(1), 136–150. <https://doi.org/10.1080/00220272.2015.1088064>
- 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.
- Dittmer, A. (2015). Intuitiver Sinn und philosophische Reflexion. Das Bildungspotential ethischer Fragen für eine selbstreflexive Biologielehrerbildung. In U. Gebhard (Hrsg.), *Sinn im Dialog. Zur Möglichkeit sinnkonstituierender Lernprozesse im Fachunterricht* (S. 85–102). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Dittmer, A. & Gebhard, U. (2012). Stichwort Bewertungskompetenz. Ethik im naturwissenschaftlichen Unterricht aus sozial-intuitionistischer Perspektive. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 81–98.
- Dittmer, A. & Gebhard, U. (2015). Intuitions About Science, Technology, and Nature. A Fruitful Approach to Understand Judgments About Socio-Scientific Issues. In M. Kahveci & M. Orgill (Hrsg.), *Affective Dimensions in Chemistry Education* (Aufl. 2015, S. 89–104). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D. & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 97–108. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0044-1>
- Dittmer, A., Menthe, J., Gebhard, U. & Höttecke, D. (2016). Ethisches Bewerten im naturwissenschaftlichen Unterricht. Theoretische Erweiterungen in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung über Bewertungskompetenz. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (Fachdidaktische Forschungen, Band 10, S. 107–118). Münster: Waxmann.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125–129.
- Donnelly, L. A., Kazempour, M. & Amirshokooi, A. (2009). High School Students' Perceptions of Evolution Instruction: Acceptance and Evolution Learning Experiences. *Research in Science Education*, 39(5), 643–660. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9097-6>
- Dörpinghaus, A. (2015). Theorie der Bildung. Versuch einer "unzureichenden" Grundlegung. *Zeitschrift für Pädagogik*, (4), 464–480.
- Dörpinghaus, A. & Uphoff, I. K. (2015). *Grundbegriffe der Pädagogik* (Einführung Erziehungswissenschaft, 4. Auflage). Darmstadt: WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).

- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Bristol: Open University Press.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.
- Duit, R. (2015). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 657–680). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- 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>
- Düker, P. & Menthe, J. (2016). Zum Verhältnis von Rationalität und Intuition bei Schülerurteilen. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (Fachdidaktische Forschungen, Band 10, S. 145–158). Münster: Waxmann.
- 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*, 280479. <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). Schülervorstellungen verändern. Konzeptentwicklung und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption "choice2learn". In *Fachdidaktische Forschungsfragen. Band 6*. Waxmann Verlag GmbH. Zugriff am 120-127.
- Eggert, S. & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz. Teilkompetenz "Bewerten, Entscheiden und Reflektieren" für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 177–197.
- 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>

- Ertl, D. (2010). The Nature of Science. *PLUS LUCIS*, 5–7. Zugriff am 25.04.2019. Verfügbar unter: <https://www.univie.ac.at/pluslucis/PlusLucis/101/S05.pdf>
- Fadel, C. (Center for Curriculum Redesign (CCR), Hrsg.). (2015). *Redesigning the Curriculum for a 21st Century Education*, Center for Curriculum Redesign. Zugriff am 17.09.2019. Verfügbar unter: <https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/CCR-FoundationalPaper-Updated-Jan2016.pdf>
- Fadel, C., Bialik, M. & Trilling, B. (2015). *Four-Dimensional Education. The Competencies Learners need to succeed*. Boston: The Center for Curriculum Redesign.
- Fair, F., Haas, L. E., Gardosik, C., Johnson, D., Price, D. & Leipnik, O. (2015). Socrates in the schools: Gains at three-year follow-up. *Journal of Philosophy in Schools*, 2(2). <https://doi.org/10.21913/JPS.v2i2.1268>
- Fair, F., Johnson, D., Haas, L. E. & Price, D. (2015). Socrates in the schools from Scotland to Texas: Replicating a study on the effects of a Philosophy for Children program. *Journal of Philosophy in Schools*, 2(1), 18–37.
- 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.
- Fiedler, D., Sbeglia, G. C., Nehm, R. H. & Harms, U. (2019). How strongly does statistical reasoning influence knowledge and acceptance of evolution? *Journal of Research in Science Teaching*, 56(9), 1183–1206. <https://doi.org/10.1002/tea.21547>
- Fischer, S. K. (2014). *Konstruktvalidierung von Diagnoseaufgaben zur Erfassung vorunterrichtlicher Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung und Vererbung*. Dissertation. Justus-Liebig-Universität, Gießen. Zugriff am 06.09.2018. Verfügbar unter: http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2015/11321/pdf/FischerSandraKathrin_2015_02_06.pdf
- Fischler, H., Gebhard, U. & Rehm, M. (2018). Naturwissenschaftliche Bildung und scientific literacy. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 11–30). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Fisher, R. (2007). Dialogic teaching. Developing thinking and metacognition through philosophical discussion. *Early Child Development and Care*, 177(6-7), 615–631. <https://doi.org/10.1080/03004430701378985>

- Fisher, R. (2009). Philosophical Intelligence: Why Philosophical Dialogue is Important in Educating the Mind. In M. Hand & C. Winstanley (Hrsg.), *Philosophy in schools* (Continuum studies in research in education, S. 96–104). London u.a.: Continuum.
- Flick, L. B. & Lederman, N. G. (2006). *Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (Science & Technology Education Library, vol. 25). Dordrecht: Springer. <https://doi.org/10.1007/1-4020-2672-2>
- Froiland, J. M. & Oros, E. (2014). Intrinsic motivation, perceived competence and classroom engagement as longitudinal predictors of adolescent reading achievement. *Educational Psychology*, 34(2), 119–132. <https://doi.org/10.1080/01443410.2013.822964>
- García-Morión, F. (2009). Philosophy for Children and Anarchism. In E. Marsal (Ed.), *Children philosophize worldwide. Theoretical and practical concepts* (Hodos - Wege bildungsbezogener Ethikforschung in Philosophie und Theologie, Bd. 9, S. 63–74). Frankfurt, M.: Lang.
- García-Morión, F., Rebollo, I. & Colom, R. (2005). Evaluating Philosophy for Children. *Thinking: The Journal of Philosophy for Children*, 17(4), 14–22. <https://doi.org/10.5840/thinking20051743>
- Gebhard, U. (2005). Symbole geben zu denken - Sprache und Verstehen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In C. Höhle (Hrsg.), *Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen. Didaktische und methodische Grundlagen des Philosophierens* (S. 48–59). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Gebhard, U. (2015). Sinn, Phantasie und Dialog. Zur Bedeutung des Gespräches beim Ansatz der Alltagsphantasien. In U. Gebhard (Hrsg.), *Sinn im Dialog. Zur Möglichkeit sinnkonstituierender Lernprozesse im Fachunterricht* (S. 103–124). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- 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>
- Ghisletta, P. & McArdle, J. J. (2012). Teacher's Corner: Latent Curve Models and Latent Change Score Models Estimated in R. *Structural Equation Modeling: a Multidisciplinary Journal*, 19(4), 651–682. <https://doi.org/10.1080/10705511.2012.713275>
- Glaze, A. L., Goldston, J. & Dantzler, J. (2015). Evolution in the Southeastern USA: Factors Influencing Acceptance and Rejection in Pre-service Science Teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 1189–1209.

- Glueck, L. & Brighouse, H. (2009). Philosophy in Children's Literature. In M. Hand & C. Winstanley (Hrsg.), *Philosophy in schools* (Continuum studies in research in education, S. 119–131). London u.a.: Continuum.
- Goering, S., Shudak, N. J. & Wartenberg, T. E. (Hrsg.). (2013). *Philosophy in schools. An introduction for philosophers and teachers* (Routledge Studies in Contemporary Philosophy, Bd. 47). New York: Routledge.
- Goetze, W. & Wissler, P. (2009). Evaluation Stellwerk. Kurzbericht. Zugriff am 27.09.2019. Verfügbar unter: https://www.stellwerk-check.ch/Uploads_Cy-mos/UploadedDocuments/182_Document.pdf
- Gorard, S., Siddiqui, N. & See, B. H. (2015). *Philosophy for Children. Evaluation report and Executive summary*. Verfügbar unter: <https://files.eric.ed.gov/full-text/ED581147.pdf>
- Gosvāmī, U. (2001). *So denken Kinder. Einführung in die Psychologie der kognitiven Entwicklung* (Aus dem Programm Huber, 1. Aufl. der dt. Ausg.). Bern: Huber.
- 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
- Graf, D. & Lammers, C. (2011). Evolution und Kreationismus in Europa. In D. Graf (Hrsg.), *Evolutionstheorie - Akzeptanz und Vermittlung im europäischen Vergleich* (S. 9–28). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02228-9_2
- Grayling, A. C. (2009). Foreword. In M. Hand & C. Winstanley (Hrsg.), *Philosophy in schools* (Continuum studies in research in education, S. viii–ix). London u.a.: Continuum.
- Gregory, M. (2009). Normative Dialogue Types in Philosophy for Children. In E. Marsal (Ed.), *Children philosophize worldwide. Theoretical and practical concepts* (Hodos - Wege bildungsbezogener Ethikforschung in Philosophie und Theologie, Bd. 9, S. 277–300). Frankfurt, M.: Lang.
- Gregory, T. R. (2009). Understanding Natural Selection: Essential Concepts and Common Misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2(2), 156–175. <https://doi.org/10.1007/s12052-009-0128-1>
- 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.
- Großschedl, J., Konnemann, C. & Basel, N. (2014). Pre-service biology teachers' acceptance of evolutionary theory and their preference for its teaching. *Evolution: Education and Outreach*, 18(7), 1–16. Verfügbar unter: <https://evolution-outreach.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12052-014-0018-z>

- Großschedl, J., Seredszus, F. & Harms, U. (2018). Angehende Biologielehrkräfte: evolutionsbezogenes Wissen und Akzeptanz der Evolutionstheorie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 51–70. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0072-0>
- Grygier, P. (2008). *Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht* (Klinkhardt Forschung, 1. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. Verfügbar unter: https://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783781552531
- Grygier, P., Günther, J., Kircher, E., Sodian, B. & Thoermer, C. (2003). Unterstützt das Lernen über Naturwissenschaften das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten im Sachunterricht? In D. Cech & H.-J. Schwier (Hrsg.), *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. [12. Jahrestagung der GDSU im März 2002 in Halle/Saale]* (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 13, S. 59–67). Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.
- Grygier, P., Jonen, A., Kircher, E., Sodian, B. & Thoermer, C. (2008). "Wissenschaftsverständnis" und Erwerb von naturwissenschaftlichem Wissen und Experimentierfähigkeit in der Grundschule. In H. Giest & J. Wiesemann (Hrsg.), *Kind und Wissenschaft. Welches Wissenschaftsverständnis hat der Sachunterricht?* (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Band 18, S. 69–81). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Hadler, M. (2004). Die Mehrebenen-Analyse. Ihre praktische Anwendung und theoretische Annahmen. *Österreichische Zeitschrift für Soziologie*, 29(1), 53–74.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods. A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- 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.
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2014). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten*. Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Hand, M. (2009). Can Children be Taught Philosophy? In M. Hand & C. Winstanley (Hrsg.), *Philosophy in schools* (Continuum studies in research in education, S. 3–17). London u.a.: Continuum.
- Hanley, P., Bennett, J. & Ratcliffe, M. (2014). The Inter-relationship of Science and Religion: A typology of engagement. *International Journal of Science Education*, 36(7), 1210–1229. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.853897>
- Hattie, J. (2010). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* (Reprinted.). London: Routledge.
- Hatzinger, R. & Nagel, H. (2013). *Statistik mit SPSS. Fallbeispiele und Methoden* (Always learning, 2., aktualisierte Aufl.). München: Pearson Higher Education.

- Haynes, J. (2008). *Children as philosophers. Learning through enquiry and dialogue in the primary classroom*. London, New York: Routledge/Falmer.
- Hedayati, M. & Ghaedi, Y. (2009). Effects of the philosophy for children program through the community of inquiry method on the improvement of interpersonal relationship skills in primary school students. *Childhood and Philosophy*, 5(9), 199–217.
- 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.
- Heitzmann, A. (2010). Die "Natur" der Naturwissenschaften hinterfragen. In P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1. - 9. Schuljahr* (UTB Pädagogik, Bd. 3248, 1. Aufl., S. 227–242). Bern: Haupt.
- Helbling, D. (2018). Der Fraglichkeit der Welt mit nachdenklichem Lernen begegnen: Philosophieren in Natur, Mensch, Gesellschaft. In D. Helbling & P. Trevisan (Hrsg.), *Nachdenken und vernetzen in Natur, Mensch, Gesellschaft (E-Book)*. *Studienbuch für den kompetenzorientierten Unterricht im 1. und 2. Zyklus* (1st ed., S. 59–88). Bern: hep verlag.
- Helzel, G. & Michalik, K. (2015). Kindliche Entwicklungsprozesse beim Philosophieren mit Kindern. Eine empirische Untersuchung zu Mehr-Perspektivität und Ungewissheitstoleranz. In H.-J. Fischer, H. Giest & K. Michalik (Hrsg.), *Bildung im und durch Sachunterricht* (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 25, S. 189–196). Bad Heilbrunn: Klinkhardt Julius.
- Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The Development of Epistemological Theories: Beliefs about Knowledge and Knowing and Their Relation to Learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88. <https://doi.org/10.2307/1170620>
- Hofheinz, V. (2010). Das Wesen der Naturwissenschaften. Was die Naturwissenschaften ausmacht. *Unterricht Chemie*, 21(118/119), 8–13.
- Höger, C. (2008). *Abschied vom Schöpfergott? Welterklärungen von Abiturientinnen und Abiturienten in qualitativ-empirisch religionspädagogischer Analyse* (Empirische Theologie, Bd. 18). Zugl.: Würzburg, Univ., Diss., 2007. Berlin: Lit-Verl.
- Honnewald, L. & Krieger, G. (1994). *Philosophische Propädeutik. Sprache und Erkenntnis* (UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher Theologie, Bd. 1822). Paderborn: Schöningh.
- Höble, C. & Bayrhuber, H. (2006). Sechs Schritte moralischer Urteilsfindung. Aktuelle Beispiele aus der Bioethikdebatte. *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule*, 55(4), 1–6.
- Höble, C., Höttecke, D. & Kircher, E. (Hrsg.). (2004). *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.

- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 7–23.
- Höttecke, D. (2004). Schülervorstellungen über die "Natur der Naturwissenschaften". In C. Höhle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 264–277). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 119, 4–12.
- Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104(4), 641–666. <https://doi.org/10.1002/sce.21575>
- Höttecke, D. & Barth, M. (2011). Geschichte im Physikunterricht: Argumente, Methoden und Anregungen, um Wissenschaftsgeschichte in den Physikunterricht einzubeziehen. *Unterricht Physik*, (126), 4–10.
- Howardson, G. N., Karim, M. N. & Horn, R. G. (2017). The Latent Change Score Model: A More Flexible Approach to Modeling Time in Self-Regulated Learning. *Journal of Business and Psychology*, 32(3), 317–334. <https://doi.org/10.1007/s10869-016-9475-4>
- Hox, J. J. (2010). *Multilevel analysis. Techniques and applications* (Quantitative methodology series, 2. ed.). New York, NY: Routledge. Retrieved from <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10422140>
- Huber, S. (2003). *Zentralität und Inhalt. Ein neues multidimensionales Messmodell der Religiosität* (Veröffentlichungen der Sektion „Religionssoziologie“ der Deutschen Gesellschaft für Soziologie, Bd. 9). Wiesbaden, s.l.: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-663-11908-1>
- Hugener, I., Pauli, C. & Klieme, E. (2006). *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie. "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis". 3. Videoanalysen* (Materialien zur Bildungsforschung, Bd. 15). Frankfurt am Main: GFPPF. Verfügbar unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-opus-31304>
- Irzik, G. & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 20(7-8), 591–607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Irzik, G. & Nola, R. (2014). New Directions for Nature of Science Research. In M. R. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (vol. 22, S. 999–1021). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_30
- Jäckle, S. (2015). Mehrebenenanalyse. In A. Hildebrandt, S. Jäckle, F. Wolf & A. Heindl (Hrsg.), *Methodologie, Methoden, Forschungsdesign* (S. 139–155). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

- Jackson, T. (2013). Philosophical Rules of Engagement. In S. Goering, N. J. Shudak & T. E. Wartenberg (Hrsg.), *Philosophy in schools. An introduction for philosophers and teachers* (Routledge Studies in Contemporary Philosophy, Bd. 47, S. 99–109). New York: Routledge.
- Jehle, S. (2013). Philosophieren mit Kindern. Eine pädagogisch-didaktische Herausforderung. In E. Matthes, G. Pollak & W. Wiater (Hrsg.), *Pädagogik und Ethik. Band 5*. Würzburg: Ergon-Verl.
- Jensen, M. S. & Finley, F. N. (1996). Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 879–900.
- Johannsen, M. & Krüger, D. (2005). Schülervorstellungen zur Evolution - eine quantitative Studie. *IDB Münster*, (14), 23–48. 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.
- Junker, T. (2011). Evolutionstheorie und Kreationismus. Ein aktueller Überblick. In D. Graf (Hrsg.), *Evolutionstheorie - Akzeptanz und Vermittlung im europäischen Vergleich* (S. 77–90). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kampourakis, K. & McCain, K. (2016). Believe in or about Evolution? *BioScience*, 66(3), 187–188. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv188>
- Kant, I. (2011). *Kritik der reinen Vernunft* (Vollst. Ausg. nach der 2., hin und wieder verb. Aufl. 1787, vermehrt um die Vorrede zur 1. Aufl. 1781). Köln: Anaconda.
- Kattmann, U. (2010a). Didaktische Rekonstruktion der Evolution. Alltagsvorstellungen führen zum Konzept des naturgeschichtlichen Unterrichts und darüber hinaus. In B. Dressler & L. A. Beck (Hrsg.), *Fachdidaktiken im Dialog. Beiträge der Ringvorlesungen des Forums Fachdidaktik an der Philipps-Universität Marburg* (Marburger Schriften zur Lehrerbildung, Bd. 3, S. 27–57). Marburg: Tectum-Verl.
- Kattmann, U. (2010b). Wenn Wissenschaft zu Religion wird. Gott als wissenschaftliche Hypothese. *MNU*, 63(6), 370–374.
- Kattmann, U. (2013). Glaube an die Evolution? Darwins Theorie im Spiegel der Alltagsvorstellungen von Schülern, Lehrern und Wissenschaftlern. In H. P. Weber & R. Langthaler (eds.), *Evolutionstheorie und Schöpfungsglaube. Neue Perspektiven der Debatte* (Wiener Forum für Theologie und Religion, Bd. 1, S. 201–227). Göttingen: V & R Unipress Vienna Univ. Press.
- Kattmann, U. (2015). Evolution und Schöpfung – Kreationismus als Herausforderung für den Biologieunterricht. *MNU*, 2009, 1–19.

- 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.
- Kennedy, D. (2013). Developing Philosophical Facilitation. A Toolbox of Philosophical Moves. In S. Goering, N. J. Shudak & T. E. Wartenberg (Hrsg.), *Philosophy in schools. An introduction for philosophers and teachers* (Routledge Studies in Contemporary Philosophy, Bd. 47, S. 110–118). New York: Routledge.
- Khishfe, R. & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395–418. <https://doi.org/10.1002/tea.20137>
- Kierner, K., Gröschner, A., Pehmer, A.-K. & Seidel, T. (2015). Effects of a classroom discourse intervention on teachers' practice and students' motivation to learn mathematics and science. *Learning and Instruction*, 35, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.10.003>
- Kievit, R. A., Brandmaier, A. M., Ziegler, G., van Harmelen, A.-L., Mooij, S. M. M. de, Moutoussis, M. et al. (2018). Developmental cognitive neuroscience using latent change score models: A tutorial and applications. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 33, 99–117. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.11.007>
- Kircher, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften. Ein Überblick. In C. Höble, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 2–22). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Klafki, W. (1996). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. Weinheim: Beltz.
- Klein, K. J., Bliese, P. D., Kozlowski, S. W. J., Dansereau, F., Gavin, M. B., Griffin, M. A. et al. (2000). Multilevel Analytical Techniques. Commonalities, Differences, and Continuing Questions. In K. J. Klein & S. W. J. Kozlowski (Eds.), *Multilevel theory, research, and methods in organizations. Foundations, extensions, and new directions* (Frontiers of industrial and organizational psychology, S. 512–553). San Francisco: Jossey-Bass.
- 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>
- Kohlberg, L. (1984). *The psychology of moral development. The nature and validity of moral stages* (Essays on moral development, / Lawrence Kohlberg; Vol. 2). San Francisco: Harper & Row.

- Koller, H.-C. (2012). *Bildung anders denken. Einführung in die Theorie transformatorischer Bildungsprozesse* (Pädagogik). Stuttgart: Kohlhammer.
- König, S. (2013). *Grundwissen Philosophie. Eine systematische Einführung*. Nürnberg: S. König.
- Konnemann, C., Asshoff, R. & Hammann, M. (2012). Einstellungen zur Evolutionstheorie. Theoretische und messtheoretische Klärungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 75–79.
- Konnemann, C., Asshoff, R. & Hammann, M. (2016). Insights Into the Diversity of Attitudes Concerning Evolution and Creation: A Multidimensional Approach. *Science Education*, 100(4), 673–705. <https://doi.org/10.1002/sc.21226>
- Korte, S., Berger, R., Imwalle, C. & Hänze, M. (2017). Entwicklung und erste Validierung eines Fragebogens zur Erfassung von Szientismus. *Diagnostica*, 63(1), 42–54. <https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000163>
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38(5), 747–770.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 45, 186–201.
- Kremer, K. & Mayer, J. (2013). Entwicklung und Stabilität von Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 77–101. Zugriff am 26.04.2019. Verfügbar unter: http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/19_Kremer.pdf
- Krüger, B. & Schick, D. (2012). *Wie wollen wir leben? Kinder philosophieren über Nachhaltigkeit*. München: oekom.
- Kuckuck, M. (2015). Argumentationsrezeptionskompetenzen von SchülerInnen. Bewertungskriterien im Fach Geographie. In A. Budke, M. Kuckuck, M. Meyer, F. Schäbitz, K. Schlüter & G. Weiss (Hrsg.), *Fachlich argumentieren lernen. Didaktische Forschungen zur Argumentation in den Unterrichtsfächern* (LehrerInnenbildung gestalten, Bd. 7, 1. Aufl., neue Ausg, S. 77–88). Münster, Westf: Waxmann.
- Kunter, M. (2005). *Multiple Ziele im Mathematikunterricht*. Münster: Waxmann.
- Kuszmierz, P., Meneganzin, A., Pinxten, R., Pievani, T., Cvetković, D., Mavrikiaki, E. et al. (2020). Towards common ground in measuring acceptance of evolution and knowledge about evolution across Europe: a systematic review of the state of research. *Evolution: Education and Outreach*, 13(1), 1889. <https://doi.org/10.1186/s12052-020-00132-w>
- Kyriacou, C. & Issitt, J. (2008). *What characterizes effective teacher-initiated teacher-pupil dialogue to promote conceptual understanding in mathematics lessons in England in Key Stages 2 and 3?* Verfügbar unter: <https://epi.ioe.ac.uk/cms/Default.aspx?tabid=2368>

- Lafortune, L., Daniel, M.-F., Fallascio, R. & Schleider, M. (2000). Evolution of Pupils' Attitudes to Mathematics When Using a Philosophical Approach. *Analytic Teaching*, 20(1), 46–63.
- Lam, C.-M. (2009). A Justification for Children's Capacity to Do Philosophy. In E. Marsal (Ed.), *Children philosophize worldwide. Theoretical and practical concepts* (Hodos - Wege bildungsbezogener Ethikforschung in Philosophie und Theologie, Bd. 9, S. 569–582). Frankfurt, M.: Lang.
- Lamarck, J.-B. P. A. M. de, Koref-Santibañez, S., Jahn, I., Schilling, D. & Lang, A. (2002). *Zoologische Philosophie. Teil 1 - 3; (1809)* (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 277, 2. Aufl.). Frankfurt am Main: Deutsch.
- Lammert, N. (2012). *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe 1 zu Evolution und Wissenschaft*. Dissertation. Technische Universität Dortmund, Dortmund.
- Lawson, A. E. & Thompson, L. D. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 733–746. <https://doi.org/10.1002/tea.3660250904>
- 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>
- Lebert, A. & Schwägerl, C. (2016, 4. Februar). Wo ist Gott? *Zeit Online*. Verfügbar unter: <https://www.zeit.de/zeit-wissen/2016/01/glauben-religion-physik-widerspruch-katholizismus-martin-nowak/seite-3>
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A. & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry-The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65–83. <https://doi.org/10.1002/tea.21125>
- Lederman, N. G., Bell, R. L., Schwartz, R. S. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- Lemos, M. S. & Veríssimo, L. (2014). The Relationships between Intrinsic Motivation, Extrinsic Motivation, and Achievement, Along Elementary School. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 112, 930–938. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1251>
- 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>
- Lind, G. (2015). *Moral ist lehrbar! Wie man moralisch-demokratische Fähigkeiten fördern und damit Gewalt, Betrug und Macht mindern kann* (3., vollständig überarbeitete Auflage). Berlin: Logos Verlag.

- Lindsay, J., Arok, A., Bybee, S. M., Cho, W., Cordero, A. M., Ferguson, D. G. et al. (2019). Using a Reconciliation Module Leads to Large Gains in Evolution Acceptance. *CBE Life Sciences Education*, 18(4), ar58. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-04-0080>
- 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, S. 23–46). Frankfurt, M.: Lang.
- Losh, S. C. & Nzekwe, B. (2011). Creatures in the Classroom: Preservice Teacher Beliefs About Fantastic Beasts, Magic, Extraterrestrials, Evolution and Creationism. *Science & Education*, 20(5-6), 473–489. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9268-5>
- Lotz, M., Gabriel, K. & Lipowsky, F. (2013). Niedrig und hoch inferente Verfahren der Unterrichtsbeobachtung. Analysen zu deren gegenseitiger Validierung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 59(3), 357–380.
- Lovely, E. C. & Kondrick, L. C. (2008). Teaching evolution: challenging religious preconceptions. *Integrative and Comparative Biology*, 48(2), 164–174. <https://doi.org/10.1093/icb/icn026>
- Luthiger, H., Wilhelm, M. & Wespi, C. (2014). Entwicklung von kompetenzorientierten Aufgabensets. Prozessmodell und Kategoriensystem. *Journal für LehrerInnenbildung*, (3).
- Mantelas, N. & Mavrikaki, E. (2020). Religiosity and students' acceptance of evolution. *International Journal of Science Education*, 11(4), 1–22. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1851066>
- 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>
- Marohn, A. (2008). „Choice2learn“ – eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 57–83. Zugriff am 02.05.2019. Verfügbar unter: http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/14_004_Marohn.pdf
- Martens, E. (1999). *Philosophieren mit Kindern. Eine Einführung in die Philosophie* (Universal-Bibliothek, Bd. 9778). Stuttgart: Reclam.
- Martens, E. (2003). *Methodik des Ethik- und Philosophieunterrichts. Philosophieren als elementare Kulturtechnik*. Hannover: Siebert.
- Martens, E. (2004). Philosophieren mit Kindern als elementare Kulturtechnik. In H.-J. Müller & S. Pfeiffer (Hrsg.), *Denken als didaktische Zielkompetenz. Phi-*

- losophieren mit Kindern in der Grundschule; Tagung "Philosophieren mit Kindern in der Grundschule" 23./24. April in Oldenburg* (S. 7–18). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Martens, E. (2010). Wozu Philosophie in der Schule? In K. Meyer (Hrsg.), *Texte zur Didaktik der Philosophie* (Universal-Bibliothek, Bd. 18723, S. 156–172). Stuttgart: Reclam.
- Martens, E. (2012). *Methodik des Ethik- und Philosophieunterrichts. Philosophieren als elementare Kulturtechnik* (6. Aufl.). Hannover: Siebert.
- Martin-Hansen, L. M. (2008). First-Year College Students' Conflict with Religion and Science. *Science & Education*, 17(4), 317–357. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9039-5>
- Mathis, C. & Conrad, S.-J. (2015). Kompetent mit Kindern philosophieren lernen. In H.-J. Fischer, H. Giest & K. Michalik (Hrsg.), *Bildung im und durch Sachunterricht* (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 25, S. 121–128). Bad Heilbrunn: Klinkhardt Julius.
- Matthews, G. B. (1982). *Philosophy and the young child* (2nd pr). Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press.
- Mayer, A.-K. & Rosman, T. (2016). Epistemologische Überzeugungen und Wissenserwerb in akademischen Kontexten. In A.-K. Mayer & T. Rosman (Hrsg.), *Denken über Wissen und Wissenschaft. Epistemologische Überzeugungen*.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (Beltz Pädagogik, 12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- McArdle, J. J. & Grimm, K. J. (2010). Five steps in Latent Curve and Latent Change Score Modeling with Longitudinal Data. In K. van Montfort, J. H.L. Oud & A. Satorra (Hrsg.), *Longitudinal Research with Latent Variables* (S. 245–274). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- McCain, K. & Kampourakis, K. (2018). Which question do polls about evolution and belief really ask, and why does it matter? *Public Understanding of Science (Bristol, England)*, 27(1), 2–10. <https://doi.org/10.1177/0963662516642726>
- McCall, C. C. (2013). *Transforming Thinking. Philosophical Inquiry in the Primary and Secondary Classroom*. Independence: Taylor and Francis.
- McComas, W. (1998). The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. In W. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (Science & Technology Education Library, vol. 5, S. 53–70). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- 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, S. 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, S. 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. (2017). Teaching genetics prior to teaching evolution improves evolution understanding but not acceptance. *PLoS Biology*, 15(5), e2002255. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2002255>
- 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>
- Menthe, J. (2006). *Urteilen im Chemieunterricht. Eine empirische Untersuchung über den Einfluss des Chemieunterrichts auf das Urteilen von Lernenden in Alltagsfragen*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Menthe, J. (2012). Wider besseren Wissens?! Conceptual Change. Vermutungen, warum erworbenes Wissen nicht notwendig zur Veränderung des Urteilens und Bewertens führt. *ZISU – Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 1(1), 161–183. Verfügbar unter: <http://www.budrich-journals.de/index.php/zisu/article/view/7250/6256>
- Menthe, J. & Parchmann, I. (2015). Getting involved. Context-based learning in chemistry education. In M. Kahveci & M. Orgill (Hrsg.), *Affective Dimensions in Chemistry Education* (Aufl. 2015). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- 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>
- Mercer, N., Wegerif, R. & Dawes, L. (1999). Children's Talk and the Development of Reasoning in the Classroom. *British Educational Research Journal*, 25(1), 95–111. <https://doi.org/10.1080/0141192990250107>
- Merzyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik - immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Michaels, S. & O'Connor, C. (2015). Conceptualizing Talk Moves as Tools. Professional Development Approaches for Academically Productive Discussions.

- In L. B. Resnick, C. S. C. Asterhan & S. N. Clarke (Hrsg.), *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue* (S. 347–362).
- Michaels, S., O'Connor, C. & Resnick, L. B. (2008). Deliberative Discourse Idealized and Realized. Accountable Talk in the Classroom and in Civic Life. *Studies in Philosophy and Education*, 27(4), 283–297. <https://doi.org/10.1007/s11217007-9071-1>
- Michalik, K. (2001). Das Wissen des Sachunterrichts. Über die Rätselhaftigkeit von Sachbegegnungen. *Grundschule*, (4), 15–17.
- Michalik, K. (2002). Worauf zielt Nachdenken ab? *Grundschule*, (10).
- Michalik, K. (2004a). "Man kann nur ein bisschen wissen, nicht alles". Gespräche im Sachunterricht. *Grundschule*, (5), 40–43.
- Michalik, K. (2004b). Denken wir eigentlich immer im Unterricht? In H.-J. Müller & S. Pfeiffer (Hrsg.), *Denken als didaktische Zielkompetenz. Philosophieren mit Kindern in der Grundschule; Tagung "Philosophieren mit Kindern in der Grundschule" 23./24. April in Oldenburg* (S. 49–59). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Michalik, K. (2005). Wolfgang Klafkis "Allgemeinbildung in der Grundschule und der Bildungsauftrag des Sachunterrichts". Überlegungen und Vorschläge zur Erweiterung und Fortführung seines Ansatzes. *Widerstreit Sachunterricht*, (4).
- Michalik, K. (2008a). Denken dürfen. Philosophieren mit Kindern als Kern des Grundschulunterrichts. *Grundschule*, (12), 7–11.
- Michalik, K. (2008b). 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. (2011). "Ab wann ist ein Mensch ein Mensch?". Fragen und Nachdenken im Fachunterricht. Zur Bedeutung des Philosophierens als Unterrichtsprinzip. *Zeitschrift für Didaktik der Philosophie und Ethik*, 33, 65–71.
- 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.

- Michalik, K. (2015a). Philosophieren im Sachunterricht. In J. Kahlert (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 429–433). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Michalik, K. (2015b). Philosophische Gespräche mit Kindern als Medium für Bildungsprozesse im Sachunterricht. In H.-J. Fischer, H. Giest & K. Michalik (Hrsg.), *Bildung im und durch Sachunterricht* (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 25, S. 175–182). Bad Heilbrunn: Klinkhardt Julius.
- Michalik, K. (2016). Staunen, Fragen, Nachdenken. Philosophieren. *Die Grundschulzeitschrift*, 30(297), 42–45.
- Michalik, K. (2018). Empirische Forschung zu Wirkungen philosophischer Gespräche mit Kindern. In H. de Boer & K. Michalik (Hrsg.), *Philosophieren mit Kindern - Forschungszugänge und -perspektiven* (S. 13–32). Leverkusen-Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Michalik, K. & Wittkowske, S. (2010). Philosophieren mit Kindern als Pädagogische Grundhaltung und als Unterrichtsprinzip. *Grundschulunterricht. Sachunterricht*, 57(1), 4–6.
- 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.
- Murris, K. (2000). Can Children Do Philosophy? *Journal of the Philosophy of Education*, 34(2), 261–279. <https://doi.org/10.1111/1467-9752.00172>
- Murris, K. (2008). Philosophy with Children, the Stingray and the Educative Value of Disequilibrium. *Journal of Philosophy of Education*, 42.
- Murris, K. (2009). Autonomous and Authentic Thinking Through Philosophy with Picturebooks. In M. Hand & C. Winstanley (Hrsg.), *Philosophy in schools* (Continuum studies in research in education, S. 105–118). London u.a.: Continuum.
- 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>

- Navarro, D. (2015). *Learning statistics with R: A tutorial for psychology students and other beginners (Version 0.5)*. Adelaide, Australia: University of Adelaide. Verfügbar unter: <https://cran.r-project.org/web/packages/lsr/lsr.pdf>
- Nichols, K., Burgh, G. & Kennedy, C. (2017). Comparing Two Inquiry Professional Development Interventions in Science on Primary Students' Questioning and Other Inquiry Behaviours. *Research in Science Education*, 47(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9487-5>
- Nida-Rümelin, J. & Weidenfeld, N. (2014). *Der Sokrates-Club. Philosophische Gespräche mit Kindern* (btb, Bd. 74797, Genehmigte Taschenbuchausg., 1. Aufl.). München: btb.
- Nießeler, A. & Seichter, S. (2010). Philosophieren als eine Basiskompetenz der Elementarbildung? In H.-J. Fischer, P. Gansen & K. Michalik (Hrsg.), *Sachunterricht und frühe Bildung* (S. 67–79). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Nussbaum, M. (2008). Collaborative discourse, argumentation, and learning. Preface and literature review. *Contemporary Educational Psychology*, 33(3), 345–359.
- 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).
- Oberski, D. (2014). lavaan.survey: An R Package for Complex Survey Analysis of Structural Equation Models. *Journal of Statistical Software*, 57(1), 1–27. Verfügbar unter: <http://www.jstatsoft.org/v57/i01/>.
- OECD. (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework. Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaboration Problem Solving*. Paris: OECD Publishing. Verfügbar unter: https://read.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2015-assessment-and-analytical-framework_9789264281820-en#page1
- OECD. (2018). *OECD Future of Education and Skills 2030*. Verfügbar unter: <https://www.oecd.org/education/2030-project/>
- Oelkers, J. (2016). Fünfzehn Jahre nach PISA 2001. In M. Bonsen & B. Priebe (Hrsg.), *PISA - Folgen und Fragen. Anstöße zur Qualitätsentwicklung im Bildungssystem* (Bildung kontrovers, 1. Auflage, S. 123–139). Seelze: Klett Kallmeyer.
- 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 Symposions zur Methodologie der Sozialpsychologie* (246-254). Lengerich: Pabst Science Publ.
- Patry, J.-L. (2007). VaKE-Introduction and Theoretical Background. In K. Tirri (Ed.), *Values and foundations in gifted education* (S. 157–163). Bern: Lang.
- Patry, J.-L. & Weinberger, A. (2004). *Kombination von konstruktivistischer Werteeziehung und Wissenserwerb*, Nürnberg.
- Patry, J.-L., Weyringer, S. & Weinberger, A. (2007). Combining Values and Knowledge Education. In D. N. Aspin & J. D. Chapman (Eds.), *Values Education and Lifelong Learning. Principles, Policies, Programmes* (Lifelong Learning Book Series, vol. 10, S. 160–179). Dordrecht: Springer.
- Patry, J.-L., Weyringer, S. & Weinberger, A. (2010). Kombination von Moral- und Werteeziehung und Wissenserwerb mit VaKE. Wie argumentieren die Schülerinnen und Schüler. In B. Latzko & T. Malti (Hrsg.), *Moralische Entwicklung und Erziehung in Kindheit und Adoleszenz*. Göttingen: Hogrefe.
- Pauli, C. & Reusser, K. (2015). Discursive Cultures of Learning in (Everyday) Mathematics Teaching. A Video-based Study on Mathematics Teaching in German and Swiss Classrooms. In L. B. Resnick, C. S. C. Asterhan & S. N. Clarke (Hrsg.), *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue* (S. 181–196).
- Peer, J. (2005). Students' Epistemological Beliefs About Science: The Impact of School Science Experience. *Journal of Science and Mathematics Education*, 28(2), 81–95.
- Petersen, M. (2018). Bestimmung des philosophischen Gesprächs für Forschungszwecke – eine Annäherung. In H. de Boer & K. Michalik (Hrsg.), *Philosophieren mit Kindern - Forschungszugänge und -perspektiven* (S. 91–106). Leverkusen-Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Piaget, J. (2016). *Meine Theorie der geistigen Entwicklung* (4. Auflage). Weinheim: Beltz.
- 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>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Potvin, P. & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels. A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>

- Preacher, K. J. & MacCallum, R. C. (2003). Repairing Tom Swift's Electric Factor Analysis Machine. *Understanding Statistics*, 2(1), 13–43. Zugriff am 29.07.2019. Verfügbar unter: http://quantpsy.org/pubs/preacher_maccallum_2003.pdf
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159–175.
- Prüwer, T. (2009). *Humboldt reloaded. Kritische Bildungstheorie heute* (Wissenschaftliche Beiträge aus dem Tectum-Verlag Reihe Philosophie, Bd. 12). Marburg: Tectum-Verl.
- Putnick, D. L. & Bornstein, M. H. (2016). Measurement Invariance Conventions and Reporting: The State of the Art and Future Directions for Psychological Research. *Developmental Review: DR*, 41, 71–90. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2016.06.004>
- The R Foundation. (2021). *What is R?* The R Foundation. Zugriff am 17.02.2021. Verfügbar unter: <https://www.r-project.org/about.html>
- Reiss, M. J. (2008). Should science educators deal with the science/religion issue? *Studies in Science Education*, 44(2), 157–186. <https://doi.org/10.1080/03057260802264214>
- Reiss, M. J. (2009). The relationship between evolutionary biology and religion. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 63(7), 1934–1941. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2009.00714.x>
- Reitschert, K. & Höble, C. (2007). Wie Schüler ethisch bewerten. Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sek. I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 125–143.
- Reitschert, K., Langlet, J., Höble, C., Mittelsten-Scheid, N. & Schlüter, K. (2007). Dimensionen ethischer Urteilskompetenz. Dimensionierung und Niveaunkretisierung. *Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 60(1), 43–51.
- Revelle, W. (2021). *psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research (R package version 2.1.6)*. Evanston, Illinois: Northwestern University. Verfügbar unter: <https://cran.r-project.org/web/packages/psych/index.html>
- Reznitskaya, A. & Gregory, M. (2013). Student Thought and Classroom Language. Examining the Mechanisms of Change in Dialogic Teaching. *Educational Psychologist*, 48(2), 114–133. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.775898>
- Rice, J. W. (2012). *Understanding and acceptance of biological evolution and the nature of science: Studies on university faculty*. Dissertation. Iowa State University, Ames, Iowa.

- Rossee, Y. (2021). "lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling". *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1–36. Verfügbar unter: <https://www.jstatsoft.org/v48/i02/>
- Rothgangel, M. (2011). Kreationismus und Szientismus: Didaktische Herausforderungen. In H. Bayrhuber (Hrsg.), *Darwin und kein Ende? Kontroversen zu Evolution und Schöpfung* (1. Aufl., S. 152–169). Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Rudnev, M., Lytkina, E., Davidov, E., Schmidt, P. & Zick, A. (2018). Testing Measurement Invariance for a Second-Order Factor. A Cross-National Test of the Alienation Scale. *Methods, Data, Analyses*, 12(1), 47–76. <https://doi.org/10.12758/MDA.2017.11>
- Ruhrig, J. & Höttecke, D. (2014). Was, wenn das Experiment nicht klappt? Unsichere Evidenz als Lerngelegenheit nutzen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 144, 32–35.
- 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.
- Ryan, R. M. & Deci, E. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations. Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Säre, E., Luik, P. & Tulviste, T. (2016). Improving pre-schoolers' reasoning skills using the philosophy for children programme. *Trames. Journal of the Humanities and Social Sciences*, 20(3), 273. <https://doi.org/10.3176/tr.2016.3.03>
- Sbeglia, G. C. & Nehm, R. H. (2018). Measuring evolution acceptance using the GAENE: influences of gender, race, degree-plan, and instruction. *Evolution: Education and Outreach*, 11(1), 547. <https://doi.org/10.1186/s12052-018-0091-9>
- Sbeglia, G. C. & Nehm, R. H. (2019). Do you see what I-SEA? A Rasch analysis of the psychometric properties of the Inventory of Student Evolution Acceptance. *Science Education*, 103(2), 287–316. <https://doi.org/10.1002/sce.21494>
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. & Müller, H. (2003). Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Tests of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures. *Methods of Psychological Research Online*, 8(2), 23–74.
- Schermelleh-Engel, K. & Werner, C. (2009). *Item Parceling: Bildung von Testteilen oder Item-Paekchen*, Goethe-Universität Frankfurt. Verfügbar unter: https://www.psychologie.uzh.ch/dam/jcr:fffff-b371-2797-0000-00000ed9f491/item_parceling.pdf

- Schiefele, U. (1991). Interest, Learning, and Motivation. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 299–323. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653136>
- Schiefele, U. & Krapp, A. (1993). Der "Fragebogen zum Studieninteresse" (FSI). *Diagnostica*, 39(4), 335–351.
- Schiefele, U., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 10(2), 120–148.
- Schleifer, M. & Courtemanche, L. (1996). The Effect of Philosophy for Children on Language Ability. *Thinking: The Journal of Philosophy for Children*, 12(4), 30–31. <https://doi.org/10.5840/thinking19961246>
- Schleifer, M., Daniel, M.-F., Peyronnet, E. & Lecomte, S. (2003). The Impact of Philosophical Discussions on Moral Autonomy, Judgment, Empathy and the Recognition of Emotion in Five Year Olds. *Thinking: The Journal of Philosophy for Children*, 16(4), 4–12. <https://doi.org/10.5840/thinking200316410>
- Schleifer, M. & Poirier, G. (1996). The Effect of Philosophical Discussions in the Classroom on Respect for Others and non-Stereotypic Attitudes. *Thinking: The Journal of Philosophy for Children*, 12(4), 32–34. <https://doi.org/10.5840/thinking19961247>
- Scholl, R., Nichols, K. & Burgh, G. (2014). Transforming pedagogy through philosophical inquiry. *International Journal of Pedagogies and Learning*, 9(3), 253–272.
- Scholl, R., Nichols, K. & Burgh, G. (2016). Connecting learning to the world beyond the classroom through collaborative philosophical inquiry. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 44(5), 436–454. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2015.1095279>
- Schreier, H. (1997). Kinder philosophieren in der Grundschule. In H. Schreier (Hrsg.), *Mit Kindern über Natur philosophieren* (S. 8–55). Heinsberg: Agentur Dieck.
- Schröder, R. (2011). Schöpfung und Evolution. In H. Bayrhuber (Hrsg.), *Darwin und kein Ende? Kontroversen zu Evolution und Schöpfung* (1. Aufl., S. 82–95). Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Schwab, S. & Helm, C. (2015). Überprüfung von Messinvarianz mittels CFA und DIF-Analysen. *Empirische Sonderpädagogik*, 7(3), 175–193.
- 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.
- Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren. (2011). *Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften*. Verfügbar unter: <http://www.edk.ch/dyn/12930.php>
- Sharp, A. M. (2009a). Caring Thinking and Education of the Emotion. In E. Marsal (Ed.), *Children philosophize worldwide. Theoretical and practical concepts*

- (Hodos - Wege bildungsbezogener Ethikforschung in Philosophie und Theologie, Bd. 9, S. 411–420). Frankfurt, M.: Lang.
- Sharp, A. M. (2009b). The Community of Inquiry as Ritual Participation. In E. Marsal (Ed.), *Children philosophize worldwide. Theoretical and practical concepts* (Hodos - Wege bildungsbezogener Ethikforschung in Philosophie und Theologie, Bd. 9, S. 301–306). Frankfurt, M.: Lang.
- Shtulman, A. & McCallum, K. (2014). Cognitive Reflection Predicts Science Understanding. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 36.
- Siddiqui, N., Gorard, S. & See, B. H. (2017). *Non-cognitive impacts of philosophy for children. Project report*, School of Education, Durham University. Verfügbar unter: <http://dro.dur.ac.uk/20880/1/20880.pdf?DDD34+DDD29+czwc58+d700tmt>
- 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>
- Stathopoulou, C. & Vosniadou, S. (2007). Exploring the relationship between physics-related epistemological beliefs and physics understanding. *Contemporary Educational Psychology*, 32(3), 255–281. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2005.12.002>
- Steinmetz, H. (2018). Estimation and Comparison of Latent Means Across Cultures. In E. Davidov, P. Schmidt, J. Billiet & B. Meuleman (Eds.), *Cross-cultural analysis. Methods and applications* (European Association of Methodology series, S. 95–126). New York: Routledge Taylor and Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9781315537078-4>
- Steinmetz, H., Schmidt, P., Tina-Booh, A., Wiczorek, S. & Schwartz, S. H. (2009). Testing measurement invariance using multigroup CFA: differences between educational groups in human values measurement. *Quality & Quantity*, 43(4), 599–616. <https://doi.org/10.1007/s11135-007-9143-x>
- Stenmark, M. (1997). What is scientism? *Religious Studies*, 33(1), 15–32. <https://doi.org/10.1017/S0034412596003666>

- Strittmatter, A. (2019). 20 Jahre externe Schulevaluation in der deutschsprachigen Schweiz. Vom Cargo-Kult zum integralen Element professioneller Qualitätskultur? In T. Stricker (Hrsg.), *Zehn Jahre Fremdevaluation in Baden-Württemberg* (S. 361–368). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Suissa, J. (2009). Philosophy in the Secondary School - a Deweyan Perspective. In M. Hand & C. Winstanley (Hrsg.), *Philosophy in schools* (Continuum studies in research in education, S. 132–144). London u.a.: Continuum.
- Tenneson, M., Bundrick, D. & Stanford, M. (2015). A new survey instrument and its findings for relating science and theology. *Journal of the American Scientific Affiliation*, 200–222.
- Tiedemann, M. (2016). Empirische Unterrichtsforschung. In B. Brüning (Hrsg.), *Ethik/Philosophie Didaktik* (S. 30–38). Berlin: Cornelsen Verlag GmbH.
- Topping, K. & Trickey, S. (2007a). Collaborative philosophical enquiry for school children. Cognitive effects at 10-12 years. *The British Journal of Educational Psychology*, 77(Pt 2), 271–288. <https://doi.org/10.1348/000709906X105328>
- Topping, K. & Trickey, S. (2007b). Collaborative philosophical inquiry for school-children: Cognitive gains at 2-year follow-up. *British Journal of Educational Psychology*, 77, 787–796. <https://doi.org/10.1348/000709907X193032>
- Topping, K. & Trickey, S. (2007c). Impact of philosophical enquiry on school students' interactive behaviour. *Thinking Skills and Creativity*, 2(2), 73–84. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2007.03.001>
- Topping, K. & Trickey, S. (2014). The role of dialog in philosophy for children. *International Journal of Educational Research*, 63, 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2013.01.002>
- Toulmin, S. E. (2008). *The Uses of Argument* (8th. Printing). Cambridge: Cambridge University Press. Retrieved from <http://www.loc.gov/catdir/samples/cam034/2003043502.html>
- 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.
- Trevisan, P. (2018). Natur, Mensch, Gesellschaft - ein vielperspektivisches und integratives Fach. In D. Helbling & P. Trevisan (Hrsg.), *Nachdenken und vernetzen in Natur, Mensch, Gesellschaft (E-Book)*. *Studienbuch für den kompetenzorientierten Unterricht im 1. und 2. Zyklus* (1st ed., S. 23–55). Bern: hep verlag.
- Trickey, S. & Topping, K. J. (2006). Collaborative Philosophical Enquiry for School Children. *School Psychology International*, 27(5), 599–614. <https://doi.org/10.1177/0143034306073417>
- Trickey, S. & Topping, K. (2004). 'Philosophy for children'. A systematic review. *Research Papers in Education*, 19(3), 365–380. <https://doi.org/10.1080/0267152042000248016>

- Truong, J. M., Barnes, M. E. & Brownell, S. E. (2018). Can Six Minutes of Culturally Competent Evolution Education Reduce Students' Level of Perceived Conflict Between Evolution and Religion? *The American Biology Teacher*, 80(2), 106–115. <https://doi.org/10.1525/abt.2018.80.2.106>
- Turgeon, W. (2013). Teachers Bringing Philosophy into the Classroom. In S. Goering, N. J. Shudak & T. E. Wartenberg (Hrsg.), *Philosophy in schools. An introduction for philosophers and teachers* (Routledge Studies in Contemporary Philosophy, Bd. 47, S. 9–20). New York: Routledge.
- Uhlenwinkel, A. (2015). Geographisches Wissen und geographische Argumentation. In A. Budke, M. Kuckuck, M. Meyer, F. Schäbitz, K. Schlüter & G. Weiss (Hrsg.), *Fachlich argumentieren lernen. Didaktische Forschungen zur Argumentation in den Unterrichtsfächern* (LehrerInnenbildung gestalten, Bd. 7, 1. Aufl., neue Ausg., S. 46–61). Münster, Westf: Waxmann.
- Urahne, D. & Hopf, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 71–87.
- Urahne, 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), 71–93.
- Urban, D. & Mayerl, J. (2014). *Strukturgleichungsmodellierung. Ein Ratgeber für die Praxis* (SpringerLink). Wiesbaden: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-01919-8>
- Van Buuren, S. & Groothuis-Oudshoorn, K. (2011). “mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R”. *Journal of Statistical Software*, 45(3), 1–67. Verfügbar unter: <https://www.jstatsoft.org/v45/i03/>
- Vandenberg, R. J. & Lance, C. E. (2000). A Review and Synthesis of the Measurement Invariance Literature: Suggestions, Practices, and Recommendations for Organizational Research. *Organizational Research Methods*, 3(1), 4–70.
- Vershey, S. D. (2005). The Effect of Engaging Prior Learning on Student Attitudes toward Creationism and Evolution. *BioScience*, 55(11), 996. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0996:TEOEPL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0996:TEOEPL]2.0.CO;2)
- Vosniadou, S. (2008). Conceptual Change Research. An Introduction. In S. Vosniadou (Hrsg.), *Handbook of research on conceptual change* (S. xiii–xxvii). Hillsdale: Erlbaum.
- Walker, C. M., Wartenberg, T. E. & Winner, E. (2013). Examining the Effects of Philosophy Classes on the Early Development of Argumentation Skills. In S. Goering, N. J. Shudak & T. E. Wartenberg (Hrsg.), *Philosophy in schools. An introduction for philosophers and teachers* (Routledge Studies in Contemporary Philosophy, Bd. 47, S. 277–287). New York: Routledge.
- Wartenberg, T. E. (2013). Elementary School Philosophy. In S. Goering, N. J. Shudak & T. E. Wartenberg (Hrsg.), *Philosophy in schools. An introduction for*

- philosophers and teachers* (Routledge Studies in Contemporary Philosophy, Bd. 47, S. 34–41). New York: Routledge.
- Waschke, T. & Lammers, C. (2012). Evolutionstheorie im Biologieunterricht. (k)ein Thema wie jedes andere? In D. C. Dreesmann, D. Graf & K. Witte (Hrsg.), *Evolutionsbiologie* (S. 505–532). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Webb, P. & Treagust, D. F. (2006). Using Exploratory Talk to Enhance Problem-solving and Reasoning Skills in Grade-7 Science Classrooms. *Research in Science Education*, 36(4), 381–401. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-9011-4>
- Weinberger, A., Kriegseisen, G., Loch, A. & Wingelmüller, P. (2003). *Das Unterrichtsmodell VaKE (Values and Knowledge Education) in der Hochbegabtenförderung. Der Prozess gegen Woyzeck*.
- Weinberger, A., Patry, J.-L. & Weyringer, S. (2008). *Das Unterrichtsmodell VaKE (Values and Knowledge Education). Ein Handbuch für Lehrerinnen und Lehrer*. Innsbruck: Studien-Verl.
- Weisberg, D. S., Landrum, A. R., Metz, S. E. & Weisberg, M. (2018). No Missing Link: Knowledge Predicts Acceptance of Evolution in the United States. *BioScience*, 68(3), 212–222. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix161>
- 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.
- Wells, G. & Arauz, R. M. (2006). Dialogue in the Classroom. *Journal of the Learning Sciences*, 15(3), 379–428. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1503_3
- Werner, C. S. (2014). *Explorative Faktorenanalyse: Einführung und Analyse mit R*, Universität Zürich. Zugriff am 29.07.2019. Verfügbar unter: http://www.psychologie.uzh.ch/dam/jcr:fffff-852f-247f-ffff-ffff99c06567/explorative_faktorenanalyse_mit_r_cswerner.pdf
- Wilhelm, M. (2007). Evolution - seit 150 Jahren (k)ein Thema im Naturwissenschaftsunterricht. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern, Band 38*, 178–189.
- Wilhelm, M. (2009). *Evolution verstehen* (1. Aufl.). Bern: Schulverlag blmv.
- Wilhelm, M. & Kalcsics, K. (2017). *Lernwelten Natur-Mensch-Gesellschaft - Ausbildung. Fachdidaktische Grundlagen* (1. Auflage). Schulverlag plus.
- 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>

- Wirtz, M. A. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen: Hogrefe Verl. für Psychologie.
- Wolff, H.-G. & Bacher, J. (2010). Hauptkomponentenanalyse und explorative Faktorenanalyse. In C. Wolf & H. Best (Hrsg.), *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse* (1. Aufl., S. 333–366). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.
- Wuchterl, K. (2000). *Einführung in die Philosophiegeschichte. Ursprung und Entwicklung westlichen Denkens* (UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher Philosophie, Bd. 2133). Bern: Haupt.
- Wuttke, E. (2005). *Unterrichtskommunikation und Wissenserwerb. Zum Einfluss von Kommunikation auf den Prozess der Wissensgenerierung* (Konzepte des Lehrens und Lernens, Bd. 11). Frankfurt am Main: Lang.
- Yasri, P. (2014). A systematic classification of student misconceptions in biological evolution. *International Journal of Biology Education*, 3(2). <https://doi.org/10.20876/ijobed.06781>
- 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>
- Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35–62. <https://doi.org/10.1002/tea.10008>
- Zoller, E. (2015). *Selber denken macht schlau. Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen; Anregungen für Schule und Elternhaus* (3. Auflage). Oberhofen am Thunersee: Zytglogge Verlag.

Anhang

Anhang 1: Unterrichtseinheit zur Evolution

Anhang 1.1: Planung

Anhang 1.2: Material Unterrichtseinheit

Anhang 1.3: Aufbereitung der philosophischen Gespräche

Anhang 1.4: Material Kontrollgruppe mit Lösungen

Anhang 2: Fragebogen Prätest

Anhang 3: Beschreibung der Dimensionen des Ratinginstrumentes

Anhang 4: Mehrebenen-Strukturgleichungsmodelle

Anhang 1: Unterrichtseinheit zur Evolution

Anhang 1.1: Planung

Unterrichtseinheit Evolution – 3. Sekundarstufe

Kompetenzen im Lehrplan 21:

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten in der Unterrichtseinheit an folgenden Kompetenzen:

Kompetenzbereich:

NT.8 Fortpflanzung und Entwicklung analysieren

Kompetenzstufen:

NT.8.1a

Die Schülerinnen und Schüler können Ordnungssysteme der Lebewesen hinterfragen und als Modelle erkennen.

NT.8.1b

Die Schülerinnen und Schüler können zentrale Prinzipien der Evolutionstheorie an Beispielen erkennen und Gesetzmässigkeiten nachvollziehen.

NT.8.1c

Die Schülerinnen und Schüler können die Veränderlichkeit der Arten erfassen, auftretende Probleme benennen und begründete Vermutungen äussern.

NT.8.3a

Die Schülerinnen und Schüler können den Zusammenhang von ~~DNS~~, Genen, ~~Proteinen~~ und Merkmalsausprägungen darstellen.

NT.8.3b

Die Schülerinnen und Schüler können ~~Ursachen~~ und Wirkungen von Mutationen beschreiben und zur Erklärung von Merkmalsveränderungen herbeiziehen.

Abkürzungen:

AB:	Arbeitsblatt
LAB:	Lösung des Arbeitsblattes
LP:	Material für Lehrpersonen
Philo:	Informationen für die Lehrperson zu den philosophischen Gesprächen
P_M	Material zu den philosophischen Gesprächen
K:	Materialien Kontrollgruppe
LK:	Lösungen Materialien Kontrollgruppe

Lektion	Inhalt/Aktivitäten	Material	Lernziele	Kompetenz
1	<p>Konfrontationsaufgabe: Wie entwickeln/verändern sich Lebewesen? (30')</p> <p>Die zwei Aufgaben zu Beginn der Unterrichtseinheit sollen die Präkonzepte und Vorstellungen der SuS offenlegen. Die Lehrperson kann die Neugierde der SuS wecken, indem sie die Aufgaben auflegt und kurz einführt. Die Aufgabenbearbeitung basiert auf dem Grundsatz «think-pair-share». Die SuS beschäftigen sich zuerst in Einzelarbeit mit der Aufgabe zur Resistenz von Bakterien sowie der Entstehung des langen Halses bei Giraffen. Ihre Gedanken und Ideen notieren sie auf den Arbeitsblättern (AB1). Anschliessend arbeiten die SuS in 3er oder 4er Gruppen und tauschen sich zu den gefundenen Erklärungen aus. Gemeinsam einigen sie sich auf möglichst gute Erklärungen zu den zwei Problemen und notieren diese auf das zur Verfügung stehende A3-Plakat (LP1). Im Plenum werden nun einige Erklärungen vorgestellt. Während der Einzelarbeits- und der Gruppenphase steht eine Zusatzaufgabe für schnellere SuS/Gruppen zur Verfügung. Diese kann ebenfalls im Plenum angeschnitten werden.</p> <p>Durch das gezielte Nachfragen der LP sollen den SuS die Schwierigkeiten und Defizite ihrer Erklärungen bewusst gemacht werden. Es soll jedoch noch keine Lösung präsentiert werden.</p> <p>Am Ende der Unterrichtseinheit werden die zwei Aufgaben erneut aufgegriffen und mithilfe derselben Methode besprochen.</p> <p>Repetition/Einführung Genetik (15')</p> <p>Für das Verständnis der Evolution – insbesondere der Mutationen – ist ein Grundwissen zu Genetik erforderlich. Falls das Thema Genetik bereits behandelt wurde, kann hier eine kleine Repetition stattfinden, so dass die Grundlagen für die nächste Lektion (→Mutationen) gelegt sind. Falls die Thematik noch nicht besprochen wurde, sollen wichtige Begriffe (DNS, Chromosom, Gen usw.) und Abläufe kurz eingeführt und visualisiert werden. Damit für die SuS ein roter Faden ersichtlich ist, kann die Repetition/Einführung beispielsweise mit folgender Frage gestartet werden: Was bestimmt, welche Merkmale ein Lebewesen – also eine Giraffe, ein Bakterium oder ein Mensch – hat? Dies schliesst direkt an den ersten Teil an, in welchem sich die Merkmale/Eigenschaften von Lebewesen verändert haben.</p>	<p>AB1</p> <p>LP1</p>	<p>Die SuS können Vermutungen zur Veränderung von Lebewesen (Giraffe, Bakterien) formulieren und begründen.</p> <p>(Die SuS kennen wichtige Grundlagen der Genetik und können zentrale Begriffe (DNS, Chromosom, Gen usw.) erklären.)</p>	<p>NT.8.1b</p> <p>NT.8.1c</p>
2	<p>Veränderung von Merkmalen</p> <p>Einstieg (10')</p> <p>Als Einstieg wird noch einmal auf die Plakate aus der letzten Lektion verwiesen. So wird noch einmal aufgegriffen, dass es darum geht, wie sich Lebewesen entwickeln. Dabei kann erneut auf den Zusammenhang von Genen und Merkmalen aufmerksam gemacht werden. Nun wird die Frage der Lektion formuliert: Wie verändern sich Merkmale von Lebewesen? Diese Frage wird</p>	<p>AB2</p> <p>LAB2</p>	<p>Die SuS können in eigenen Worten erklären, was Mutationen sind und wie sie sich auf ein Lebewesen auswirken können.</p> <p>Die SuS können den Begriff Rekombination erklären und beschreiben, wie der Austausch</p>	<p>NT.8.1b</p> <p>NT.8.3a</p> <p>NT.8.3b</p>

	<p>an der Tafel/am Visualizer visualisiert. Darunter werden die beiden Begriffe Mutation und Rekombination notiert. Dazu wird folgender Auftrag schriftlich gestellt:</p> <p><i>Was könnten die beiden Begriffe bedeuten? Hast du die die Begriffe oder ähnliche Wörter bereits irgendwo gehört? Überlege zuerst allein (1 Minute) und tausche dich anschliessend mit deinem Partner/deiner Partnerin aus (2 Minuten).</i></p> <p>Anschliessend werden einige Ideen im Plenum gesammelt. Es ist zu vermuten, dass einige SuS den Begriff <i>Mutant</i> schon gehört haben. Auch das Wort <i>kombinieren</i> sowie die Vorsilbe <i>re</i> dürften bestimmte Vorstellungen hervorrufen. Die Lehrperson darf an dieser Stelle gezielt nachfragen. Es soll aber keine Bewertung und Klärung stattfinden.</p> <p>Mutation und Rekombination (35')</p> <p>Die SuS bearbeiten nun Arbeitsblätter zum Thema (AB2). Dabei gestalten sie ein Mindmap zu Mutationen und Rekombination. Je nach Niveau und Vorwissen der Klasse kann der Text «Was genau wird bei Mutationen falsch kopiert» integriert oder weggelassen werden. Zudem kann der Text als Zusatzaufgabe eingesetzt werden. Der Text und das Mindmap sollen in dieser Lektion gelesen und gestaltet werden. Eine Ergebnissicherung findet in der nächsten Lektion statt.</p>		<p>von Genen bei Menschen, Bakterien und Viren funktioniert.</p>	
3	<p>Rückblick Mutation und Rekombination (10')</p> <p>Die SuS arbeiten zu zweit und stellen sich gegenseitig ihr Mindmap vor. Dabei erklären sie die Begriffe und Zusammenhänge. Sie können zudem Begriffe ergänzen oder präzisieren. Im Plenum findet anschliessend eine kurze Ergebnissicherung statt. Das Lösungsmindmap kann aufgelegt werden, muss aber nicht.</p> <p>Überhandnehmen von Merkmalen (Selektion)</p> <p>Die LP kann nun eine kurze Überleitung zum Spiel und der Selektion formulieren. Die SuS wissen nun, auf welche Arten sich Merkmale verändern können und wieso sich Lebewesen in Populationen unterscheiden. Nun geht es um die Frage, wie und wieso sich bestimmte Merkmale in einer Population durchsetzen, also überhandnehmen.</p> <p>Spiel zu Evolutionsmechanismen (35')</p> <p>Einige Prinzipien der Evolution werden mithilfe eines Simulationsspiels erarbeitet und veranschaulicht. Die Informationen zum Spiel finden sich im Begleitmaterial für die LP (LP2). Je nach Zeit kann bereits mit dem Ausfüllen der Arbeitsblätter begonnen werden (AB3).</p>	<p>AB2 LAB2 LP2 AB3 LAB3</p>	<p>Die SuS können Grundprinzipien der Evolution (Mutation, Selektion, survival of the fittest) am Beispiel eines Simulationsspiels sowie an einem realen Beispiel erläutern.</p>	NT.8.1b
4	<p>Arbeitsblätter zur Selektion (20')</p>	<p>AB3</p>	<p>Die SuS können Grundprinzipien der Evolution (Mutation, Selektion, survival of the fittest)</p>	NT.8.1b

	<p>Nach dem Spiel werden zuerst die Werte in die Tabelle übertragen und visualisiert (AB3). Die ersten drei Aufgaben können dabei von der LP angeleitet werden. Diese ersten drei Aufgaben sollen kurz besprochen werden. Anschliessend können die SuS die Arbeitsblätter eigenständig bearbeiten. Im Plenum (je nach Zeit zuerst in PA) findet eine Ergebnissicherung statt.</p> <p>Philosophiegruppe: Philosophisches Gespräch 1</p> <p>Weiterführende Informationen zum philosophischen Gespräch, welches etwa 25 Minuten dauern soll, finden sich in den Dokumenten Philo1 und P1_M.</p> <p>Kontrollgruppe: Vertiefung/Übung 1</p> <p>Die SuS der Kontrollgruppe lesen als Vertiefungsaufgabe einen Text zur Evolutionstheorie im Alltag und beantworten Fragen. Diese werden zuerst in PA und anschliessend im Klassenverband besprochen.</p>	<p>LAB3</p> <p>Philo_1</p> <p>P1_M</p> <p>K1 / K1_einf.</p> <p>LK1</p>	<p>am Beispiel eines Simulationsspiels sowie an einem realen Beispiel erläutern.</p>	
5	<p>Überhandnehmen von Merkmalen - Gendrift (30')</p> <p>Der Gendrift wird gemäss der Lerngelegenheit 6 im Lehrmittel <i>Evolution verstehen</i> bearbeitet (LP3). Die Texte befinden sich im Schülerdossier (AB4) Der Ablauf wurde angepasst, so dass das Beispiel der Fledermaus erst in einem zweiten Schritt thematisiert wird. Damit genügend Zeit vorhanden ist, sollten die Evopeng bereits vor der Lektion ausgeschnitten worden sein. Der Einstieg kann mit dem Aufgreifen des Lernzieles 1 stattfinden. In einem Rückblick wird das «Überleben der Angepassten» geklärt. Anschliessend wird das «Überleben der Glücklichen» gegenübergestellt. Die Antworten sowie die Übersicht zur Evolution sollen in der Klasse besprochen werden.</p> <p>Beispiel Fledermaus: Wie kommt die Fledermaus zu ihren Flügeln? (15')</p> <p>Die besprochenen Prozesse sollen noch einmal an einem Beispiel erläutert werden. Die Ausgangsfrage lautet: Wie kommt die Fledermaus zu ihren Flügeln? Die SuS lesen die Texte und besprechen die Lernziele in PA (AB5). Im Plenum werden wichtige Evolutionsmechanismen und Begriffe (Mutation, Selektion, Gendrift) anhand des Beispiels Fledermaus erneut aufgegriffen. Es findet keine schriftliche Ergebnissicherung statt.</p>	<p>LP3</p> <p>AB4</p> <p>LAB4</p> <p>AB5</p>	<p>Die SuS können in eigenen Worten formulieren, wieso häufig vom «Überleben der Glücklichen» und nicht vom «Überleben der Angepassten» gesprochen werden muss (Gendrift).</p> <p>Die SuS können den Gendrift am Beispiel der Seitenfleckenuane erklären.</p> <p>Die SuS können in eigenen Worten formulieren, wie die Fledermaus zu ihren Flügeln gekommen sein könnte.</p> <p>Die SuS können die Begriffe Selektion und Gendrift anhand des Beispiels der Fledermaus erklären.</p>	NT.8.1b
6	<p>Einstieg: 5'</p>	<p>LP4</p>	<p>Die SuS können mithilfe der Strukturlegetechnik zentrale Aspekte der Evolution</p>	NT.8.1b

<p>Als kleiner Input wird hier thematisiert, dass die Evolutionstheorie nicht plötzlich als Ganzes da war. Dazu wird zuerst ein Blatt mit Jean-Baptiste Lamarck aufgelegt (LP4). Dieser kam zum Schluss, dass Lebewesen sich entwickelten. Er wusste jedoch nicht, wie dies genau passierte. Seine Hypothese war, dass sich Eigenschaften durch Training verändern können (streckt die Giraffe den Hals sehr oft, so wird dieser länger). Diese erworbenen Eigenschaften werden dann an die Nachkommen vererbt. Charles Darwin hatte eine andere Erklärung: Die Veränderung einer Art fand über viele Generationen statt und beruhte auf dem Prinzip der natürlichen Selektion (Giraffen mit kürzeren Hälsen überleben weniger und können sich weniger fortpflanzen). Die Forschung hat gezeigt, dass Lamarcks Erklärung nicht zutrifft. Auch heute forschen noch viele Evolutionsbiologen weiter. Denn es gibt immer noch viele offene Fragen (Wieso ist die Evolution kreativ? In welche Richtung verläuft die Evolution usw.). Die Evolutionstheorie ist also nicht abgeschlossen.</p> <p>Überblick/ Repetition Evolutionsprozess (15')</p> <p>In den letzten Lektionen wurden die wichtigsten Aspekte der Evolution besprochen. Mithilfe der Strukturlegetechnik sollen die Zusammenhänge nun verfestigt werden (LP5). Die SuS arbeiten in 3er oder 4er Gruppen und erhalten wichtige Begriffe zur Evolution auf Kärtchen. Diese Kärtchen legen sie geordnet auf ein Flipchart und zeichnen durch Pfeile und weitere Zeichen sinnvolle Zusammenhänge ein. Je zwei Gruppen erklären sich die Struktur anschliessend gegenseitig. Die Lehrperson versucht während der Erarbeitung einen Überblick zu gewinnen, gezielt Feedback zu geben und allfällige Fehlvorstellungen am Ende der Sequenz im Plenum aufzugreifen.</p> <p>Bei der Gruppeneinteilung sollen SuS, welche der Philosophiegruppe zugeteilt sind, nicht mit der Kontrollgruppe gemischt werden. Die SuS der Kontrollgruppe werden im zweiten Teil der Lektion an dieser Aufgabe gemeinsam weiterarbeiten.</p> <p>Philosophiegruppe: Philosophisches Gespräch 2 (25')</p> <p>Weiterführende Informationen zum philosophischen Gespräch, welches etwa 25 Minuten dauern soll, finden sich in den Dokumenten Philo2 und P2_M.</p> <p>Kontrollgruppe: Vertiefung/Übung 2</p> <p>Die SuS der Kontrollgruppe arbeiten weiter an der Strukturlegetechnik. Jede Gruppe soll ein Video erstellen, in welchem die wichtigsten Aspekte der Evolution in einem Tutorial erklärt werden (K2_K3). Gemeinsam wird der Ablauf besprochen und in Stichworten notiert, was zu den verschiedenen Kärtchen gesagt werden soll. Nach einem Übungsdurchgang werden die Videos aufgenommen. Die LP gibt den SuS zu einem späteren Zeitpunkt ein mündliches Feedback zum Inhalt. Die Aufnahme wird aus zeitlichen Gründen erst in der Vertiefungs- und Übungsphase 3 gemacht.</p>	<p>LP5</p> <p>Philo_2</p> <p>P2_M</p> <p>K2_K3</p>	<p>zusammenhängend darstellen die gelegte Struktur erklären.</p>	
--	--	--	--

7	<p>Illusion Fortschritt</p> <p>Einstieg Concept Cartoon (5-10')</p> <p>Mithilfe eines Concept Cartoons werden die Präkonzepte und Vorstellungen der SuS zugänglich. Die SuS machen sich zuerst allein Gedanken zu den Aussagen der verschiedenen Personen. Anschliessend tauschen sie sich in PA aus. Einige SuS können ihre Ideen im Plenum äussern. → think – pair – share</p> <p>Höherentwicklung: Kann der Zufall zu höheren Lebewesen führen? (20')</p> <p>Die naturwissenschaftliche Untersuchung wird gemäss Lerngelegenheit 9 des Lehrmittels <i>Evolution verstehen</i> durchgeführt (AB7/LP6). Der Text wird allerdings erst im zweiten Teil der Lektion bearbeitet.</p> <p>Illusion Fortschritt: Der Stammbaum trägt (20')</p> <p>Die SuS bearbeiten nun die Arbeitsblätter zum Thema (AB8). Anschliessend soll eine Ergebnissicherung stattfinden. Der Rückblick auf den Concept Cartoon findet in der nächsten Lektion statt.</p>	<p>AB6</p> <p>LAB6</p> <p>AB7</p> <p>LP6</p> <p>AB8</p> <p>LAB8</p>	<p>Die SuS können mithilfe des Experiments zu den Münzwürfen erklären, wieso die Evolution nicht immer zu komplexeren Lebewesen führt.</p> <p>Die SuS können mithilfe von Beispielen zur Entwicklung des Menschen zeigen, dass Evolution nicht immer Fortschritt bedeutet.</p>	<p>NT.8.1b</p> <p>NT.8.1a</p> <p>NT.8.1c</p>
8	<p>Rückblick Concept Cartoon (5-10')</p> <p>Die SuS lesen die Aussagen der verschiedenen Personen erneut und notieren ihre Gedanken/ihre Meinung dazu. Anschliessend besprechen sie diese in PA. Im Plenum findet nun eine gemeinsame Ergebnissicherung statt. → think – pair – share</p> <p>Was ist eine Art?</p> <p>In den letzten Lektionen wurde besprochen, wie sich Lebewesen verändern und entwickeln. Nun geht es darum, wie neue Arten entstehen und was die Schwierigkeiten eines solchen Ordnungssystems sind.</p> <p>Die Thematik wird grösstenteils gemäss Lerngelegenheit 10 des Lehrmittels <i>Evolution verstehen</i> bearbeitet (LP7).</p> <p>Lehrpersonenvortrag: Die Entstehung neuer Arten – falls es sie gibt (10')</p> <p>Die LP führt mit einem Vortrag in das Thema ein (LP9). Dabei erläutert sie die Thematik der Entstehung von neuen Arten am Beispiel des asiatischen Elefanten. Des Weiteren werden mögliche Kriterien und deren Schwierigkeiten angesprochen. Für die Präsentation kann die Powerpoint-Vorlage verwendet werden (LP8). Als Einstieg in das Thema können die SuS mit den</p>	<p>AB6</p> <p>LAB6</p> <p>LP7</p> <p>LP8</p> <p>AB9</p> <p>LP9</p>	<p>Die SuS können Kriterien nennen, welche für die Einteilung von Lebewesen in Arten verwendet werden.</p> <p>Die SuS können mithilfe von Beispielen erklären, wieso die Einteilung von Lebewesen schwierig und nicht eindeutig ist.</p> <p>Die SuS wissen, dass es von Natur aus keine Arten gibt, sondern der Mensch Kategorien bestimmt hat.</p>	<p>NT.8.1a</p> <p>NT.8.1c</p>

	<p>Bildern auf der zweiten Folie konfrontiert werden. Dabei können sie ihre Vorstellungen zum Artbegriff äussern.</p> <p>Arbeitsblätter: Was ist eine Art?</p> <p>Die Arbeitsblätter werden gemäss Lerngelegenheit 10 des Lehrmittels <i>Evolution verstehen</i> bearbeitet (AB9/LP6). Je nach Niveau der Klasse können Aufträge auch im Klassenverband bearbeitet werden. Der Teil B muss nicht genau in dieser Art und Weise umgesetzt werden. Die Lehrperson stimmt das Vorgehen auf die Bedürfnisse der Klasse ab. Die Schlussfolgerungen können im Dossier der SuS festgehalten werden</p>			
9	<p>Arbeitsblätter: Was ist eine Art?</p> <p>Fortsetzung</p> <p>Philosophiegruppe: Philosophisches Gespräch 3 (25')</p> <p>Weiterführende Informationen zum philosophischen Gespräch, welches etwa 25 Minuten dauern soll, finden sich in den Dokumenten Philo3 und P3_M.</p> <p>Kontrollgruppe: Vertiefung/Übung 3</p> <p>In dieser Lektion kann erneut ein Probedurchgang zum Erklärvideo stattfinden. Anschliessend wird die Aufnahme gemacht. Die Gruppen schauen nach Beendigung des Auftrages ein Erklärvideo einer anderen Gruppe an und füllen das Kriterienblatt als Rückmeldung aus. Die Gruppen lesen und diskutieren die Einschätzung aus dem Peerfeedback. Alternativ und je nach Zeit können auch alle Videos mit der gesamten Kontrollgruppe betrachtet, beurteilt und anschliessend diskutiert werden.</p>	<p>AB9</p> <p>LP7</p> <p>Philo_3</p> <p>P3_M</p> <p>K2_K3</p>		<p>NT.8.1a</p> <p>NT.8.1c</p>
10	<p>Rückblick/Abschluss</p> <p>Übersicht Evolutionsprozess (15')</p> <p>Die SuS arbeiten erneut mit der Strukturlegetechnik, um den Evolutionsprozess übersichtlich darzustellen. Dieses Mal arbeiten die SuS zuerst allein und tauschen sich anschliessend in PA aus. Die Kärtchen werden aufgeklebt und mit entsprechenden Pfeilen und Zeichen verbunden. Es ist der LP überlassen, wie sichergestellt wird, dass alle SuS eine korrekte Lösung im Dossier haben (z.B. im Plenum besprechen, bei Gruppen vorbeischaun usw.).</p> <p>Synthesaufgabe: Wie entwickeln/verändern sich Lebewesen? (30')</p>	<p>AB10</p> <p>LP5</p> <p>AB1</p> <p>LP10</p>		<p>NT.8.1b</p> <p>NT.8.1c</p>

	<p>Die zwei zu Beginn gestellten Aufgaben werden nun mit derselben Methode wieder aufgegriffen. Die SuS versuchen die Fragen erneut in Einzelarbeit zu beantworten (nur im Kopf oder auf Notizpapier). Anschliessend findet ein Austausch in der gleichen Gruppe wie zu Beginn statt. Dabei haben die Gruppen das alte sowie ein neues, aber identisches Plakat vor sich. Sie beantworten die Fragen mit ihrem erarbeiteten Wissen neu. Gemeinsam vergleichen sie ihre zu Beginn formulierten Erklärungen mit den neu gewonnenen Erkenntnissen. Einige Plakate werden im Plenum vorgestellt (LP10). Nun kann eine fachlich korrekte Antwort im Dossier formuliert werden.</p>			
--	---	--	--	--

Anhang 1.2: Material Unterrichtseinheit

EVOLUTION

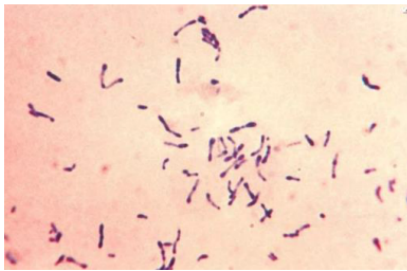
Evolution verstehen	Wie entwickeln sich Lebewesen?	AB 1
<ul style="list-style-type: none"> • Du kannst Vermutungen zur Veränderung von Lebewesen (Giraffe, Bakterien) formulieren und begründen. 		

Pro Jahr

06. November 2018 15:49; Akt: 06.11.2018 15:49

33'000 Tote wegen resistenter Bakterien

Bakterien werden zunehmend immun gegen Antibiotika. Die Folgen sind laut einer Studie so schlimm wie die von Grippe, Tuberkulose und HIV zusammen.



Etwa 33'000 Menschen sterben europaweit jährlich infolge von Antibiotika-Resistenzen. Gegen die Bakterien, mit denen sie infiziert sind, gibt es kein wirksames Antibiotikum mehr.

Quelle: <https://www.20min.ch/wissen/gesundheit/story/33-000-Tote-wegen-resistenter-Bakterien-31764616>

Aufgabe 1:

1. Lies den Ausschnitt aus einem Zeitungsartikel genau durch.
2. Was für ein Problem wird beschrieben?
3. Was geschieht mit den Bakterien? Wie und wieso geschieht dies? Versuche zu erklären!

Schwierige Begriffe:

Bakterien: Winzige Lebewesen. Sie kommen in grossen Mengen fast überall auf der Erde vor. Sie können Krankheiten verursachen aber auch nützlich sein.

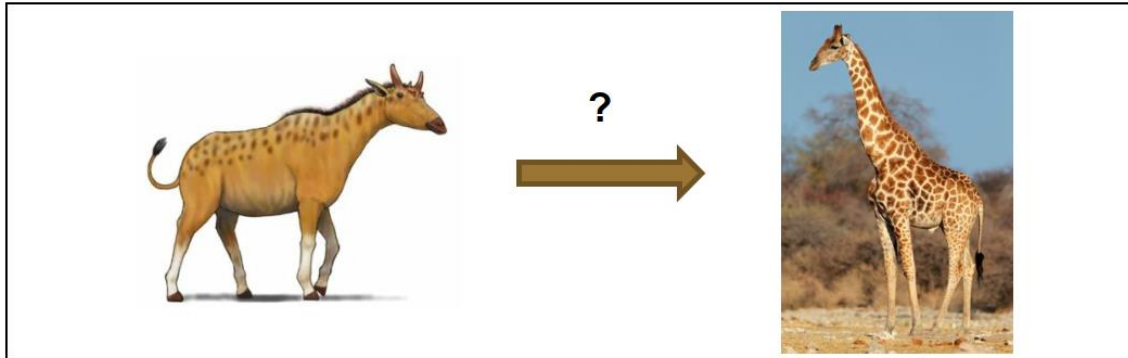
Antibiotika: Medikamente, die gegen krankmachende Bakterien wirken.

resistente Bakterien: Die Bakterien sind widerstandsfähig gegenüber Antibiotika. Die Antibiotika wirken also nicht mehr.

immun: geschützt oder unempfindlich sein (z.B. können Bakterien unempfindlich gegenüber Antibiotika sein → resistente Bakterien)

Vermutungen vor der Unterrichtseinheit:

Erklärungen nach der Unterrichtseinheit:

**Aufgabe 2:**

Die Vorfahren der Giraffen lebten im Wald und hatten kürzere Häuse.
Wie erklärst du dir die Entstehung des langen Halses heute lebender Giraffen?
Wie fand diese Veränderung genau statt?

Vermutung vor der Unterrichtseinheit:

Erklärung nach der Unterrichtseinheit:

**Zusatzaufgabe:**

In gewissen Ländern werden den Hunden die Ohren kupiert, also Hautteile abgeschnitten, damit die Ohren nicht herunterhängen. Werden nun die Ohren der Nachkommen dieser Hunde von Geburt her kleiner sein?

Was denkst du? Begründe deine Antwort!

Vermutung vor der Unterrichtseinheit:

Erklärung nach der Unterrichtseinheit:

<i>Evolution verstehen</i>	Veränderung von Merkmalen Mutation und Rekombination	AB 2
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Du kannst in eigenen Worten erklären, was Mutationen sind und wie sie sich auf ein Lebewesen auswirken können.</i> • <i>Du kannst den Begriff Rekombination erklären und beschreiben, wie der Austausch von Genen bei Menschen, Bakterien und Viren funktioniert.</i> 		

Lies den Text zu Mutationen und markiere wichtige Textstellen. Ergänze die linke Seite des Mindmaps. Füge weitere wichtige Informationen hinzu.

Mutationen – Kopierfehler bei Genen

Gold bleibt Gold – es verändert sich nicht. Es wird nicht immer glänzender und auch nicht immer schwerer. Der einfache Grund: Gold kann sich nicht fortpflanzen. Das ist natürlich schade für uns. Zum Glück kann es aber auch nicht sterben. Es bleibt im Bankschliessfach oder in der Schublade, so wie es ist. Ausser es wird gestohlen. Aber auch dann bleibt es natürlich Gold. Nur der Besitzer hat gewechselt.

Lebewesen hingegen können sich verändern. Für Veränderung braucht es zwei Dinge:

- Lebewesen pflanzen sich fort.
- Lebewesen sterben.

Manche Lebewesen pflanzen sich geschlechtlich fort – sie haben also z.B. Sex, wie Menschen. Manche Lebewesen pflanzen sich aber auch ungeschlechtlich fort. Dazu gehören beispielsweise Bakterien.

Stell dir vor, du musst einen langen Text abschreiben, also von Hand kopieren. Es kann gut sein, dass dir dabei ein Fehler passiert. Bei Lebewesen ist dies ähnlich. Sobald sich Zellen oder ganze Lebewesen vermehren, also verdoppeln, passieren Fehler. Zwar nur selten, aber doch sehr regelmässig. Diese Fehler oder Veränderungen des Erbguts nennt man Mutation. Sie geschehen in der Natur häufig.

Es gibt Mutationen, die für das Lebewesen sofort einen Nachteil haben. Sie töten das Lebewesen, machen es krank oder schwächen es. Weil Lebewesen mit solchen Mutationen nicht oder kaum lebensfähig sind, verschwinden diese Mutationen meistens wieder.

Natürlich gibt es auch Mutationen, die für das Lebewesen einen Vorteil besitzen. Das Lebewesen kann so besser leben oder sich besser fortpflanzen. Solche Mutationen werden sich durchsetzen. Besonders schnell geht dies bei Lebewesen, die sich rasch vermehren.

Viele Mutationen haben zunächst weder einen Vorteil noch einen Nachteil. Sie verschwinden deshalb nicht, setzen sich aber auch nicht durch. Sie bleiben auf dem Chromosom erhalten. Jedes Lebewesen hat solche stillen Mutationen. Sie sind dann besonders hilfreich, wenn sich die Umweltbedingungen ändern.

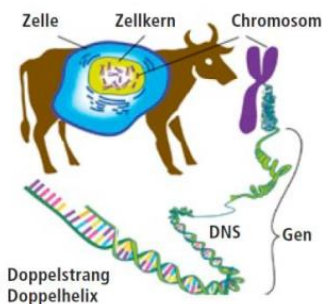
Bestimmst du dich an unsere Anfangsaufgabe mit den Bakterien. Manche Bakterien haben zufällige Mutationen, die sie resistent gegen ein Antibiotikum machen. Das bringt vorerst nichts. Wenn sie aber irgendwann einmal mit dem Antibiotikum in Kontakt kommen, werden nur diese Bakterien mit der Mutation überleben. Sie können sich weiter vermehren und die Mutation setzt sich durch.

Was genau wird bei Mutationen falsch kopiert?

Es kann zum Beispiel sein, dass die Chromosomenzahl nicht mehr stimmt, dass einige Chromosomen zuviel vorhanden sind – oder einige zu wenig. In der Tierwelt ist der doppelte Chromosomensatz normal. Mutationen, die zu dreifachen oder vierfachen Chromosomensätzen führen, sind meistens tödlich oder krank machend. Ausser im Fall der Teichfrösche, für sie ist es ein Vorteil. Die mutierten Teichfrösche sind besonders fit und fortpflanzungsfreudig. Bei Pflanzen stimmt die Chromosomenzahl sehr häufig nicht, oft haben sie statt eines doppelten

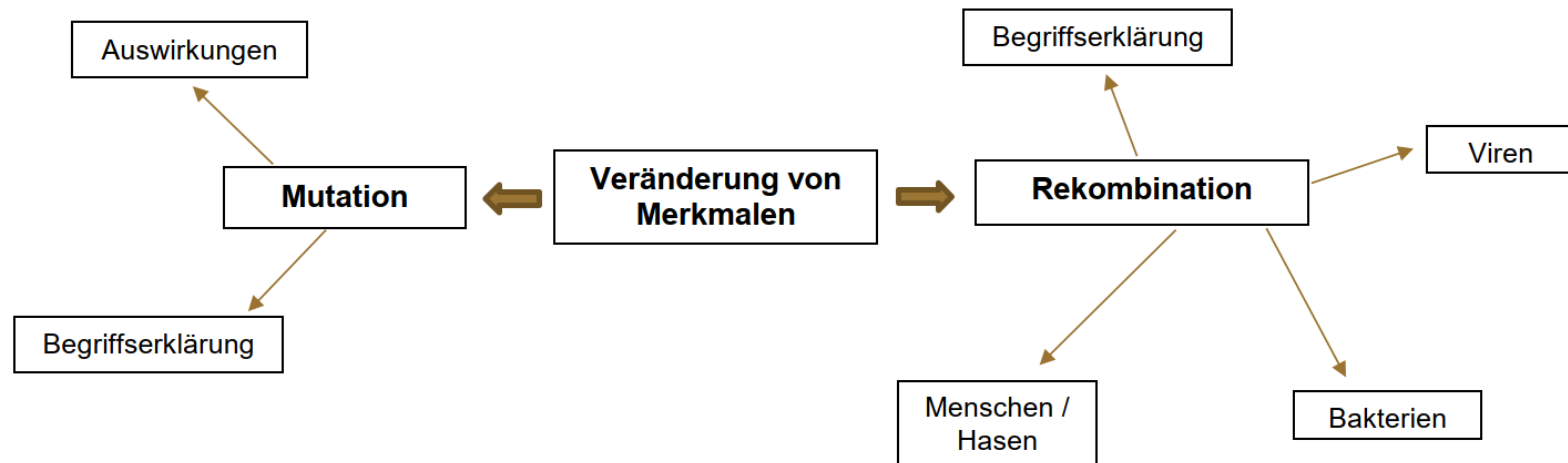
einen vierfachen Chromosomensatz. Diese Pflanzen sind in der Regel besonders gross und robust. Deshalb haben fast alle unsere Gemüsepflanzen einen mehrfachen Chromosomensatz. Wir wollen ja möglichst grosses und kräftiges Gemüse essen.

Oft ist nicht die Anzahl der Chromosomen verändert, sondern nur ein Teil eines Chromosoms an eine andere Stelle gerückt, oder ein Teil hat sich verdoppelt bzw. ist verloren gegangen. Wenn bisher stille Gene an eine Stelle rücken, wo sie nun regelmässig abgelesen werden, treten mit einem Schlag neue Merkmale auf. Die bereits erwähnten Teichfrösche fallen auch bezüglich dieser Mutation auf. Gene springen bei ihnen sehr häufig von der einen Stelle des Chromosoms an eine andere.



Der Blick durch das Mikroskop auf Chromosomen und Gene.

Die häufigste Veränderung sind die kleinen Fehler: Eine der vier Basen der DNS ist vertauscht. In der Abbildung links wäre zum Beispiel im Doppelstrang ein rosa Stab durch einen blauen Stab ersetzt. Solche Mutationen kennen wir von Bakterien sehr gut. Wenn sich unser häufigstes Darmbakterium (*Escherichia coli*) teilt, ist die Chance 1:100 000, dass das neue geteilte Bakterium eine vorteilhafte Mutation aufweist. Das scheint im ersten Moment wenig. Doch teilen sich Darmbakterien sehr rasch. Wenn es schön warm ist und genügend Nahrung vorhanden, dann teilen sich die Bakterien alle 20 bis 30 Minuten. Nach rund 6 bis 7 Stunden ist es dann soweit: Aus einem einzigen Bakterium sind rund 100 000 neue Bakterien entstanden – und eines davon wird im Durchschnitt eine Mutation haben, die vorteilhaft ist.



Lies nun den Text zur Rekombination und markiere wichtige Textstellen. Ergänze anschliessend die rechte Seite des Mindmaps. Füge weitere wichtige Informationen hinzu.

Rekombination – Austausch der Gene



Der Feldhase: Schnellere Evolution dank sexueller Fortpflanzung.

Der Feldhase Jean-Marie hat Glück. Seine Eltern, Jean und Marie, haben sich sexuell fortgepflanzt – und er ist das Resultat. Das ist bei höheren Tieren zwar ganz normal, aber mit viel Aufwand verbunden. Zuerst muss ein Partner des anderen Geschlechts gesucht werden, dieser Partner muss empfängnisbereit sein, dann sollte die Kopulation erfolgreich sein, und schliesslich darf während der risikoreichen Geburt kein Fressfeind auftauchen. Doch der Aufwand für die sexuelle Fortpflanzung zahlt sich für die Eltern Jean und Marie aus: Ihre Jungen erben oft zufällig das Beste aus zwei Welten.

Jean-Marie hat wie alle Tierkinder einen doppelten Chromosomensatz, die eine Hälfte von Vater Jean und die andere von der Mutter Marie. Auch Marie und Jean haben einen doppelten Chromosomensatz, ebenfalls von ihren Eltern. Angenommen, der Feldhase Jean habe auf einem seiner beiden Chromosomensätze eine vorteilhafte Mutation, er könne Blätter besser verdauen, und angenommen, Marie habe

eine andere vorteilhafte Mutation, sie könne Vitamin C produzieren: Jean-Marie würde mit etwas Glück den Chromosomensatz mit der Verdauungs-Mutation des Vaters und jener mit der Vitamin-Mutation der Mutter erben. Folgerichtig bliebe Jean-Marie auch in einem besonders harten Winter und bei mangelhafter Ernährung gesund. Seine Chromosomen würden eine Kombination aufweisen, die es noch nie gab. Biologinnen und Biologen nennen dies Rekombination.

Die Evolution schreitet dank der Rekombination schneller voran: Vorteilhaft Mutationen von zwei Lebewesen vereinen sich in ihren Nachkommen,

können sich dadurch gegenseitig verstärken und setzen sich schneller durch.

Doch viele Lebewesen kennen keinen Sex. Vermutlich nicht, weil es ihnen keinen Spass machen würde, sondern weil es mit nur einem Geschlecht mehr Nachkommen gibt. Insbesondere die grosse Gruppe der Bakterien gehört dazu. Dennoch sind die Bakte-

rien die erfolgreichsten Lebewesen der Welt. Sie sind überall und in grosser Vielfalt anzutreffen. Ihr Vorteil: Sie können sich blitzschnell einer sich verändernden Umgebung anpassen. Bei ihnen funktioniert die Evolution auf Hochtouren. Wie ist das möglich, ohne den Evolutionsbeschleuniger Sex?

«Sex beschleunigt die Evolution. Was aber machen all die Bakterien, bei denen wir keine Männchen und Weibchen kennen?»

Die Bakterien haben etliche andere Wege entwickelt, um untereinander Chromosomen oder Teile von Chromosomen auszutauschen. Die meisten Bakterien können beispielsweise Chromosomenteile von anderen toten Bakterien aufnehmen und dadurch deren Eigenschaften übernehmen. Es gibt einen Bakterientyp, der uns an Lungenentzündung erkranken lässt. Ein ähnlicher harmloser Bakterientyp kann dies nicht, ausser er kommt in Kontakt mit toten Krankheitserregern. Dann nimmt er aus den toten Bakterien Chromosomenteile auf, darunter auch jenen Teil, der uns krank macht. Somit wird mit einem Schlag aus einem harmlosen Bakterium ein

ganz neues, gefährliches. Die Welt der Bakterien ist aber noch viel verrückter: Die Bakterien schaffen es sogar, Chromosomenteile von ganz anderen Lebewesen, also von toten Pilzen, Pflanzen oder Tieren, in ihre Chromosomen einzubauen und damit deren Eigenschaften zu erwerben.

Kaum erstaunlich ist es, dass lebende Bakterien auch untereinander Chro-

mosomenteile austauschen können. Ein krankmachendes Bakterium, das resistent ist gegenüber einem Antibiotikum, kann diese Eigenschaft also nicht nur an seine Nachkommen weitergeben, sondern auch an benachbarte Bakterien. Diese benachbarten Bakterien müssen sich nicht einmal ähnlich sein.

Es ist sogar möglich, dass Bakterien ihre Gene an Pilze weitergeben oder sogar an Tiere. Wenn zum Beispiel eine Taufleie Teile von Bakterien-Chromosomen aufgenommen hat, übernimmt die sie gewisse Eigenschaften der Bakterien. Die aufgenommenen Chromo-

«Gibt es so etwas wie menschliche Gene? Sind unsere Gene nicht eher Versatzstücke von Chromosomen anderer Lebewesen, die vor X Millionen Jahren gelebt haben?»

somen sind also nicht nur immer stille Mitbewohner.

Noch bedeutender als Bakterien sind die Viren, wenn es darum geht, Chromosomenabschnitte zwischen verschiedenen Lebensformen rasch auszutauschen. Viren können Chromosomenabschnitte von fast allen Lebewesen aufnehmen. Sie nehmen aber nicht nur Chromosomenabschnitte auf, sie verteilen sie auch wieder. So findet man in den Chromosomen

der Algen Abschnitte von Viren- und Bakterienchromosomen. Die Viren tauschen Erbinformationen zwischen den Welten aus.

Wer nun glaubt, das sei nur bei den mikroskopisch kleinen Lebewesen möglich, täuscht sich gewaltig. Auch die Chromosomen von uns Menschen sind voll von jenen der Viren. Nicht weniger als 8 % unserer Chromosomen sind Überreste von Virenchromosomen.



Bakterien können Chromosomenteile direkt von einem Bakterium ins andere übertragen. Teilweise gelingt es ihnen auch bei Pflanzen, Pilzen und Tieren. Sogar aus toten Lebewesen können viele Bakterien Teile von Chromosomen aufnehmen.

<i>Evolution verstehen</i>	Überhandnehmen von Merkmalen Selektion	AB 3
<ul style="list-style-type: none"> • Du kannst Grundprinzipien der Evolution (<i>Mutation, Selektion, survival of the fittest</i>) am Beispiel eines Simulationsspiels sowie an einem realen Beispiel erläutern. 		

Die Markebis

Die Markebis sind Tiere und leben bevorzugt im flachen Gelände. Die verschiedenen Markebis haben aufgrund von Mutation und Rekombination unterschiedliche Merkmale.

	Blaue Markebis	Grüne Markebis	Rote Markebis
Fortbewegungsart	Geher	Fersen-Zehen-Geher	Hüpfer
Anfälligkeit für Krankheit, welche von Mücken übertragen wird	sterben innerhalb kurzer Zeit an der Krankheit	sind immun gegenüber der Krankheit	werden durch die Krankheit geschwächt und können sich eine Weile nicht fortpflanzen
Nahrung	brauchen 2 Nahrungstücke um zu überleben und 4 Nahrungstücke, um sich fortzupflanzen	brauchen 2 Nahrungstücke um zu überleben und 4 Nahrungstücke, um sich fortzupflanzen	brauchen 2 Nahrungstücke um zu überleben und 4 Nahrungstücke, um sich fortzupflanzen



Simulationsspiel zur Evolution

1. Ergänze die Tabelle mit den Daten des Spiels.

Generation	Blaue Markebis	Grüne Markebis	Rote Markebis
0			
1			
2			
3			
4			

2. Verwende die obige Tabelle um die Entwicklung der Anzahl der unterschiedlichen Markebis grafisch darzustellen.



3. Wie hat sich die Population (alle Individuen dieser Art) verändert? Wieso hat diese Veränderung stattgefunden? Warum haben sich manche Individuen der Art vermehrt?

4. Stell dir vor, das Klima in der Region der Population verändert sich. Nun breiten sich Mücken aus, welche die erwähnte Krankheit übertragen. Wie wird sich die Zusammensetzung der Gruppe verändern? Wie wird dies ablaufen? Erkläre!

5. Lies nun den folgenden Text und markiere wichtige Textstellen:

Selektion – natürliche Auslese

Mutation und Rekombination sorgen dafür, dass Lebewesen einer Art unterschiedliche Gene und unterschiedliche Merkmale haben. In unserem Spiel haben die Markebis beispielsweise unterschiedliche Möglichkeiten, sich fortzubewegen. Zudem unterscheiden sie sich in der Anfälligkeit für eine Krankheit, welche von Mücken übertragen wird.

Aber wie kann nun ein Merkmal überhandnehmen, sich also in der Population durchsetzen? Schauen wir dies an unserem Beispiel an: Durch eine Mutation in der Population sind die *blauen Markebis* entstanden. Diese Mutation ist vorteilhaft. Die blauen Markebis können sich schnell und einfach fortbewegen. Sie haben damit einen Überlebensvorteil, weil sie besser an ihre Umgebung angepasst sind. Die Nahrung ist knapp und die blauen Markebis finden diese schneller als ihre Artgenossen ohne Mutation. Sie können so besser leben und sich auch besser fortpflanzen. Ihre Anzahl in der Population nimmt zu. Dies nennt man Selektion (natürliche Auslese).

Ob eine Mutation ein Vorteil ist, hängt von der Umwelt ab. Wenn sich also aufgrund einer Klimaveränderung Mücken in der Region ausbreiten, welche die Krankheit übertragen, ändert sich die Situation. Nun haben die *grünen Markebis* einen Vorteil. Ihre Anzahl wird sich nun erhöhen. Man spricht deshalb auch vom «survival of the fittest» - also vom Überleben der am besten Angepassten.

Das gemeinsame Spiel zeigt sehr vereinfacht einige Abläufe der Evolution. Wenn wir die Grundprinzipien des Spiels verstehen, verstehen wir also die Evolution besser. Das Spiel ist aber nur ein Modell, welches uns manche Aspekte der Evolution erklären soll. Es stimmt also nicht mit der Wirklichkeit überein. Deshalb wollen wir uns nun noch ein reales Beispiel anschauen, das die Selektion erklärt.

6. Bestimmt hast du schon einmal ein Produkt im Laden gesehen, das eine solche Aufschrift aufgedruckt hat: ohne Lactose. Weisst du, was dies bedeutet? Wieso gibt es diese Produkte?



7. Lies nun den folgenden Text und markiere wichtige Textstellen:

Kleinkinder trinken in der Regel Milch: Muttermilch. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass alle Kleinkinder im Darm das Enzym Laktase haben. Laktase hilft, den Milchzucker zu verdauen. Der Körper der Säuglinge stellt Laktase in genügender Menge selbst her. Sobald ein Säugling keine Muttermilch mehr trinkt, produziert sein Körper nur noch sehr wenig Laktase. Das ist auch nicht nötig, denn jetzt beginnt das Kind Früchte, Gemüse und Getreide zu essen; darin ist Stärke oder Fruchtzucker enthalten und kein Milchzucker.

So ist es fast auf der ganzen Welt und so war es bis vor 8000 Jahren auch in Europa. Seither hat sich vieles geändert. 70 Prozent der Menschen in Skandinavien, Holland und Norddeutschland können auch als Erwachsene problemlos Milch verdauen. Ihr Körper produziert das Verdauungsenzym Laktase bis ins hohe Alter. Ganz anders sieht es in Italien aus: Da sind es nur wenige Menschen, die Milchzucker verdauen können.

Um dieses Phänomen zu verstehen, gilt es, die Kulturgeschichte des Menschen zurückzuverfolgen. Vor 8000 Jahren haben die ersten Haustiere den Weg nach Europa gefunden: Ziegen, Schafe und Kühe. Besonders im Norden und im Gebirge erwiesen sich die Haustiere als sehr nützlich. Im feuchten und kühlen Klima gedeihen Gemüse und Früchte nicht sehr gut, ebenso wenig das Getreide. Schafe, Ziegen und Kühe geben sich mit Gras zufrieden und der Mensch mit ihrem Fleisch. Noch eine tolle Möglichkeit bieten die Haustiere: Ihre Milch kann man trinken. Schon die ersten Viehzüchter Nordeuropas tranken die Milch ihrer Tiere. Das in der Milch enthaltene Wasser löschte den Durst, das Fett und die Proteine nährten die Bauern und ihre Familien.

Eine kleine Minderheit – so ist heute anzunehmen – wies eine Mutation eines ihrer Gene auf. Diese Mutation ermöglichte ihnen, auch als Erwachsene Milchzucker verdauen zu können. Diese verschwindend kleine Minderheit der Milchzuckerverdauer erlebte von da an eine evolutionäre Erfolgsgeschichte. Sie hatte plötzlich einen Überlebensvorteil, denn Milch ist ein energiereiches Getränk. Jahre mit schlechter Ernte konnten Milchzuckerverdauer besser überstehen als alle anderen. Sie wuchsen von der verschwindenden Minderheit zur dominierenden Mehrheit an.

8. Eine Mutation führte dazu, dass manche Menschen Milchzucker verdauen konnten. Wieso hat sich diese Gruppe in Nordeuropa so stark ausbreiten können? Erkläre in eigenen Worten und verwende dein Wissen zur Selektion.

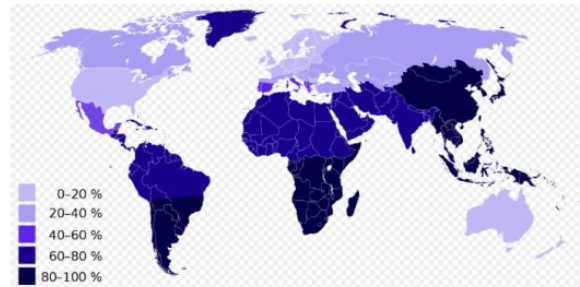


Abbildung 1: Laktoseintoleranz weltweit (Quelle: Wikipedia)

Evolution verstehen	Überhandnehmen von Merkmalen – Gendrift	AB 4
<ul style="list-style-type: none"> • Du kannst in eigenen Worten formulieren, wieso häufig vom «Überleben der Glücklichen» und nicht vom «Überleben der Angepassten» gesprochen werden muss (Gendrift). • Du kannst den Gendrift am Beispiel der Seitenfleckenuguane erklären. 		

In einem Küstenbereich lebt eine Gruppe von Evomares: 10 schwarze (S), 8 braune (B) und 2 gelbe (G). Wie sieht vermutlich die Zukunft der Evomares aus?

Bei den Evomares entstehen erst kurz vor der Fortpflanzung Weibchen und Männchen. Diese Ausprägung verschwindet danach wieder. Es entstehen nur schwarze Evomares, wenn sich zwei schwarze paaren. Das Gleiche gilt auch bei den gelben Evomares. Nur die braunen Evomares können sich auch mit schwarzen oder gelben paaren und trotzdem noch immer braune Junge kriegen. Wenn sich gelbe und schwarze paaren, gibt es leider keine Kinder.

Mach den Test

Ziehe 20 Mal nacheinander blind zwei Zettel und schaue, wer sich zum Paaren findet und wie das Junge aussehen wird. Notiere in der Tabelle unten mit Grossbuchstabe die Farbe des Jungen.

Paarung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Paarung	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Deine Schlussfolgerung

Die schwarzen Evomares werden vermutlich
 überhandnehmen verschwinden +/- gleich bleiben

weil:

Die braunen Evomares werden vermutlich
 überhandnehmen verschwinden +/- gleich bleiben

weil:

Die gelben Evomares werden vermutlich
 überhandnehmen verschwinden +/- gleich bleiben

weil:

Aufgrund eines sehr heftigen Sturms werden zufällig vier Evomares auf eine Insel verdriftet. Sie gründen dort eine Population von Insel-Evomares. Es gelten wieder die gleichen Paarungsregeln wie am vorhin untersuchten Küstenstreifen. Welche Farbe der Evomares wird vermutlich auf

der Insel überhandnehmen und welcher verschwinden? Dazu untersuchst du verschiedene Sturmereignisse und beurteilst für jeden Sturm, was die Zukunft auf der Insel bringen wird.

Mach den Test

Ziehe 10 Mal nacheinander blind vier Zettel, zähle die Farben aus und überlege aufgrund deiner Erfahrungen, welcher Farbtyp überhandnimmt.

	Anzahl Schwarze	Anzahl Braune	Anzahl Gelbe	Welcher Farbtyp wird vermutlich überhandnehmen?
Sturm 1				
Sturm 2				
Sturm 3				
Sturm 4				
Sturm 5				
Sturm 6				
Sturm 7				
Sturm 8				
Sturm 9				
Sturm 10				

Deine Schlussfolgerung

3 _____

Lies nun den folgenden Text und markiere wichtige Textstellen:

Gendrift

In vielen Fällen muss man eher vom «Überleben der Glücklichen» als vom «Überleben der Angepassten» sprechen. Weshalb das so ist, zeigt das Beispiel des Seitenfleckleguans.

Der Seitenfleckleguan ist in den USA weit verbreitet. Er hat eine bräunliche Farbe. Wenige Tiere weisen eine Mutation auf und sind dadurch grün statt braun. Sie überleben aber genau so gut wie die braunen.

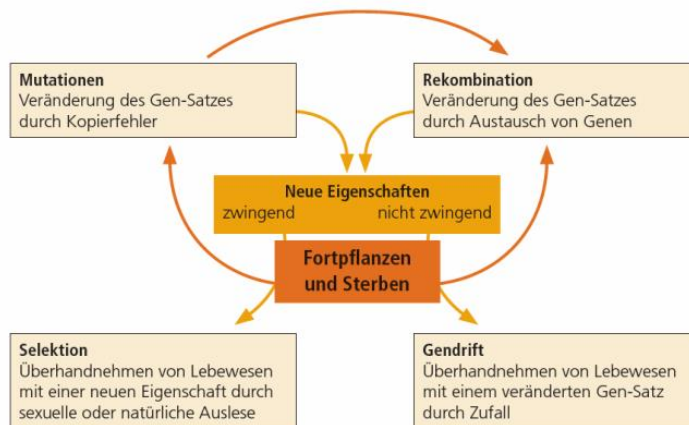
Im Golf von Mexiko findet man in einer einzigen Region etwas Erstaunliches. Hier leben fast nur grüne Leguane. Die Umwelt ist die gleiche wie an anderen Orten der USA, wo der braune Leguan lebt. Es kann also nicht sein, dass der grüne Leguan hier besser überleben kann als der braune.

Die Erklärung ist eine andere: Bei der ersten Besiedlung der Seitenfleckleguane im Golf von Mexiko waren über die Verhältnisse viele grüne Leguane dabei. Dieser Gründerbestand hat sich kräftig vermehrt und über die Jahre hinweg sind die braunen verschwunden. In der Fachsprache wird dieses zufällige Überhandnehmen eines Merkmals Gendrift genannt.

Erkläre den Gendrift am Beispiel des Seitenfleckleguans in eigenen Worten:



EVOLUTION



Der Vorgang der Evolution beruht auf einer Grundvoraussetzung (Fortpflanzen und Sterben) und verläuft über zwei Stufen. Auf der ersten Stufe der Evolution geht es um die zufällige Veränderung der Gene. Diese Änderung kann entweder darauf beruhen, dass beim Kopieren der Gene Fehler unterlaufen (Mutation) oder dass Gene ausgetauscht werden (Rekombination). Die zweite Stufe der Evolution – sie wird auf den Folgeseiten besprochen – regelt die Veränderungen der Gene. Lebewesen mit neuen Eigenschaften, die vorteilhaft sind, um in einer bestimmten Umwelt zu überleben oder einen gesunden Partner zu finden (Selektion), können überhandnehmen. Manchmal ist es aber auch nur der Zufall, der den Lebewesen das Überhandnehmen ermöglicht (Gendrift).

<i>Evolution verstehen</i>	Überhandnehmen von Merkmalen Selektion und Gendrift	AB 5
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Du kannst in eigenen Worten formulieren, wie die Fledermaus zu ihren Flügeln gekommen sein könnte.</i> • <i>Du kannst die Begriffe Selektion und Gendrift anhand des Beispiels der Fledermaus erklären.</i> 		

Woher hat die Fledermaus ihre Flügel?

Wenn sich ein Flügel über kleine Mutationen schrittweise entwickelt, ist er irgendwann ein halber Flügel. Ein solcher halber Flügel stört aber nur. Die Selektion müsste ihn verhindern. Folglich sollte es keine Lebewesen mit Flügeln geben. Achtung: Das ist ein Denkfehler! Nicht nur wir nutzen Objekte für etwas Anderes, als sie ursprüngliche gedacht waren. Diebe können zum Beispiel mit einer Kreditkarte gewisse Schnappschlösser öffnen, obwohl die Kreditkarten einen anderen Zweck haben. Auch während der Evolution von Lebewesen wandeln sich Körperteile und Verhaltensweisen um, die sich ursprünglich für einen anderen Zweck entwickelt haben.

So beginnen Forscherinnen und Forscher die Entwicklung des Fledermausflügels allmählich zu verstehen. Schon lange wussten sie dank Vergleiche der Knochen, dass sich die Fingergliedmassen von Vorfahren der Fledermäuse zu den Flügelgliedmassen gewandelt haben. Versteinerte Fledermäuse haben noch an allen Flügelgliedmassen Krallen, heutige nur noch beim ehemaligen Daumen. Trotzdem war es bis jetzt fast nicht zu erklären, dass sich aus den kleinen Fingerchen der Fledermausvorfahren die langen Finger entwickeln konnten, zwischen denen sich die Flughaut aufspannt.

Das Rätsel scheint nun gelöst. Ein einziges Gen, ein Regulatorgen (vgl. Seite 6) löst das Wachsen der Finger aus. Dieses Gen BMP2 haben die Forsch-

rinnen und Forscher bei zahlreichen Lebewesen gefunden. Bei ihnen allen bleibt es sehr kurz eingeschaltet, nur bei den Fledermäusen ist es sehr lange aktiv und bewirkt die extreme Verlängerung der Finger.

«Ein halber Flügel dient zu nichts. Die Selektion müsste einen solchen verhindern. Weshalb fliegen aber Insekten, Vögel und Fledermäuse?»

Auch die Flughaut ist keine Neuerung. In einem frühen Entwicklungsstadium im Mutterleib haben auch wir Menschen noch Haut zwischen den Fingergliedern. Diese Zwischenfingerhaut ist ein Überbleibsel unserer Ur-Ur-Ahnen, die als Fische noch Flossen hatten. Die Zwischenfingerhaut stirbt bei uns im Normalfall in einer frühen Entwicklungsphase ab (vgl. Seite 6). Es gibt aber auch Tiere, bei denen der genetisch programmierte Zelltod nicht eintritt. Bei ihnen bleibt das Zelltodgen offensichtlich ausgeschaltet.

Angenommen, es träten beide soeben beschriebenen genetischen Veränderungen ein, das Fingerwachstums-Gen bleibe lange eingeschaltet und das Zelltodgen ausgeschaltet, dann könnte sich ein Urflügel entwickeln. Diese genetischen Veränderungen haben der Urfledermaus möglicherweise einen Vorteil gebracht. Sie konnten sich durchsetzen (Selektion). Die Urfledermaus musste nicht mehr mühsam auf jeden Baum klettern, sondern konnte von einem Baum zum andern segeln, ähnlich den heute lebenden Flughörn-

chen. Vielleicht hatte aber der Urflügel der Urfledermaus weder einen Vorteil noch einen Nachteil gebracht. Dann hätten nur glückliche Umstände (Gendrift) dazu geführt, dass sich die Tiere weiterentwickeln konnten. Die

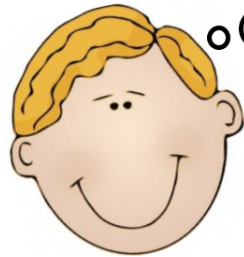
Urfledermäuse wären in diesem Fall mit den grünen Leguanen im Golf von Mexiko zu vergleichen.

Ob es sich bei den Fledermausflügeln um Selektion oder Gendrift oder um beides handelt, ist (noch) nicht bekannt. Sicher ist nur: Ein solcher Evolutions-Prozess dauert in der Natur lange. Vor rund 4 Milliarden Jahre hat er begonnen. Wir können deshalb nicht zuschauen, wie er abläuft. Aber der Mensch hat schon seit Jahrhunderten solche Prozesse beschleunigt. Die Ergebnisse können wir heute betrachten. All die vielen Hunderassen sind hier besonders beeindruckend.



Heutige Fledermäuse haben nur noch zwei Krallen.

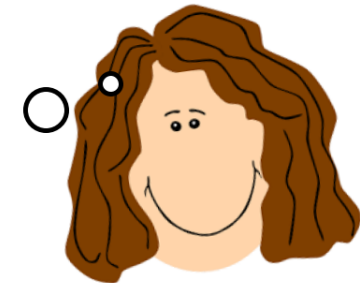
AB 6



Levi

Durch die Evolution gibt es einen Fortschritt von wenigen einfachen zu vielen komplexen Lebewesen. Alle Lebewesen entwickeln sich also weiter und werden komplexer.

Es gibt kein Ziel zu immer komplexeren Lebewesen auf der Erde. Zufällige Mutationen führen in Einzelfällen über viele Generationen hinweg zur immer höheren Komplexität. Doch mehrheitlich bleiben die Lebewesen auch nach vielen Generationen relativ einfach.



Molly

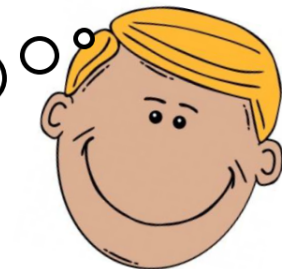
Werden alle Lebewesen durch die Evolution immer komplexer?
Ist der Mensch das höchst entwickelte Lebewesen?



Poppy

Der Mensch ist die Krönung der Evolution. Menschen können so viel mehr als alle anderen Lebewesen. Evolution ist immer Fortschritt.

Der Mensch hat viele besondere Fähigkeiten, aber er ist nicht perfekt. Nicht alle unsere Merkmale, welche durch die Evolution entstanden sind, sind auch ein Fortschritt.



Sam

Evolution verstehen	Höherentwicklung Kann der Zufall zu höheren Lebewesen führen?	AB 7
<ul style="list-style-type: none"> • Du kannst mithilfe des Experiments zu den Münzwürfen erklären, wieso die Evolution nicht immer zu komplexeren Lebewesen führt. 		

Was geschieht, wenn sich viele Lebewesen über unzählige Generationen hinweg immer wieder zufällig verändern? Einmal werden sie zufällig komplexer. Ein anderes Mal werden sie zufällig einfacher. Sind wir am Ende wieder bei einem gleich komplexen Lebewesen wie beim Start? Sind wir bei einem komplexeren? Oder bei einem weniger komplexen?

Meine Vermutung und Begründung der Vermutung:

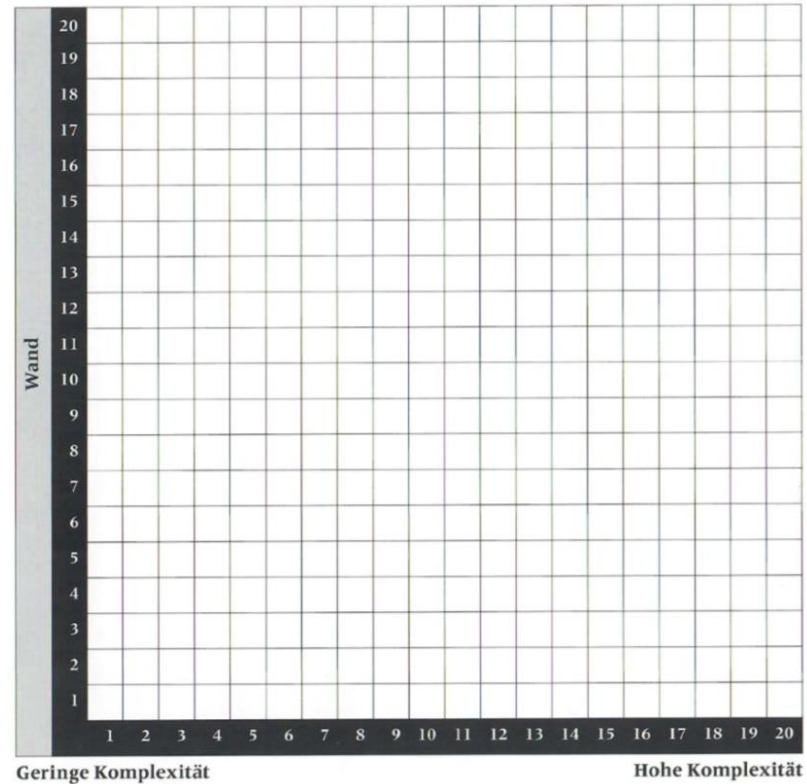
Material

- » 1 Münze
- » 5 verschiedene Farbstifte
- » Das vorliegende Protokollblatt

Methode

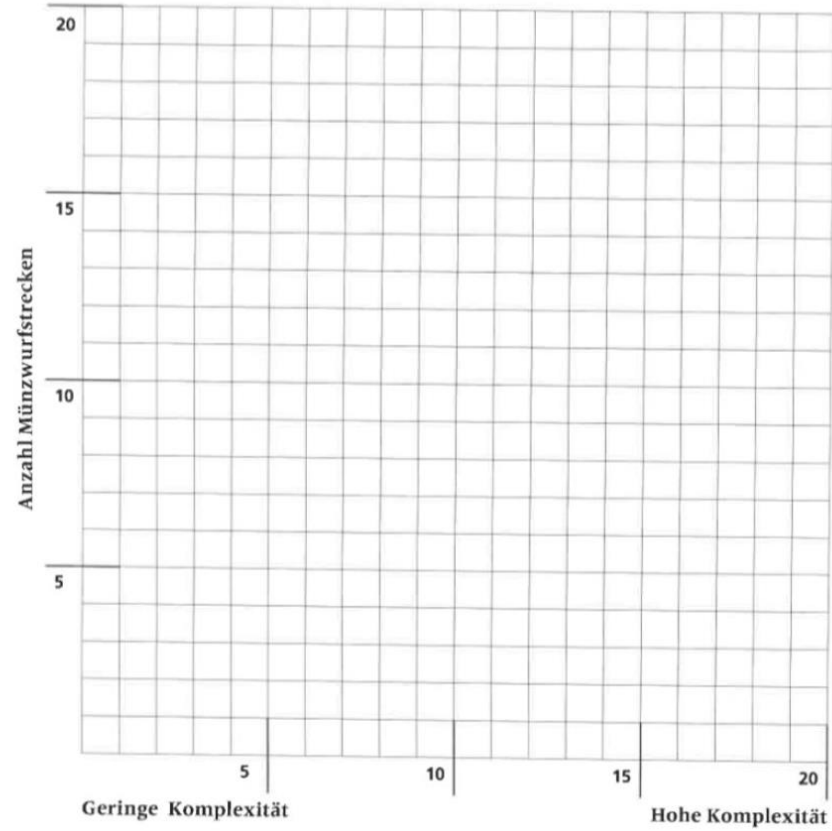
- Wir nehmen an, dass es sich beim Münzenwerfen um Zufallsmutationen von Lebewesen handelt.
- » Starte auf dem Protokollfeld im Quadrat ganz unten links.
 - » Münzwurf *Kopf* heisst, das Lebewesen wird komplexer. Du machst einen Schritt schräg nach rechts oben.
 - » Münzwurf *Zahl* heisst, dass das Lebewesen einfacher wird. Du machst einen Schritt schräg nach links oben. Falls das nicht möglich ist, weil du an die schwarze Wand stösst, dann gehst du geradeaus. Weshalb gibt es die schwarze Wand im Wurfspiel? Weil es Mindestanforderungen an das Leben gibt, können die Lebewesen nicht unendlich einfach werden. Es gibt eine Wand an Mindestanforderungen, die nicht unterschritten werden kann.
 - » Deine Wurfstrecke endet, wenn der graue Balken erreicht ist.
 - » Bei der zweiten, dritten, vierten und fünften Münzwurfstrecke gehst du gleich vor, trägst sie aber in einer andern Farbe ein.

Ergebnisse Teil 1 | Meine fünf Münzwurfstrecken



Das ist auffällig an meinen fünf Wurfstrecken:

Häufigkeiten der Münzwurfstrecken in unserer Klasse



Meine Schlussfolgerungen:

Die in der Klasse diskutierten Schlussfolgerungen:

<i>Evolution verstehen</i>	Illusion Fortschritt Der Stammbaum trägt	AB 8
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Du kannst mithilfe von Beispielen zur Entwicklung des Menschen zeigen, dass Evolution nicht immer Fortschritt bedeutet.</i> 		

Lies nun den folgenden Text und beantworte anschliessend die Fragen:

Das scheinbar höchstentwickelte Lebewesen, der Mensch, ist nicht perfekt, schon gar nicht biologisch. Beispielsweise das Auge: Wir haben einen blinden Fleck im Auge, an dessen Stelle wir nichts sehen. Es handelt sich um jenen Bereich, bei dem alle Nervenzellen des Auges zusammentreffen und durch die Netzhaut hindurch Richtung Hirn weitergehen. Ein solch blinder Fleck ist ungünstig. Kein Konstrukteur einer Video-Kamera, keine Besitzerin einer Kamerafirma würde einen solchen Fehler zulassen.



Wir Menschen sind auf Vitamin C-Spender wie die Zitrone angewiesen, viele Tiere nicht.

«Trügt unser Gefühl? Gibt es kein Ziel zu immer komplexeren Lebewesen auf der Erde?»

Doch wir Menschen leben mit diesem Überbleibsel der Augenevolution – müssen damit leben. Dafür gibt es eine einfache Erklärung: An der Grundausstattung des Auges änderte sich über Jahrmillionen wenig, denn das Auge funktioniert trotz dieses Mangels, zwar nicht optimal, aber gut genug. Unser Hirn füllt den blinden Fleck aus, sodass wir im Normalfall nichts davon merken.

Es gibt noch andere Beispiele, die aufzeigen, dass wir Menschen nicht ganz so perfekt sind, wie wir es oft meinen. Dazu gehört das Problem mit dem Vitamin C. Zahlreiche Affen können Vitamin C nicht selber herstellen. Anderen Tieren, die entwicklungs-geschichtlich viel älter sind als Affen und Menschen, ist dies möglich. Diese eigentlich nachteilige Mutation ist für die meisten Affen aber kein Problem. Sie leben im tropischen Urwald, also im Paradies der Orangen, Zitronen und Waldbeeren. Sie werden folglich

in der Nahrung verwöhnt mit Vitamin C. Nur für einen Affenartigen, den Menschen, wurde die Mutation, kein Vitamin C herstellen zu können, zu einem Problem. Er zog aus dem tropischen Urwald gegen Norden und glaubte erst noch, mit Schiffen über das Meer reisen zu müssen. Früchte, die reich an Vitamin C sind, waren auf den Schiffen nicht vorhanden. Die Menschen litten an der gefürchteten Krankheit Skorbut.

Wir Menschen haben – zusammen mit den Affen – die Möglichkeit verloren, Vitamin C zu produzieren. Mindestens in diesem Lebensbereich sind wir nicht komplexer geworden, sondern weniger komplex als unsere Vorfahren. Da liegt die Vermutung nahe, dass die Evolution in zwei Richtungen gehen kann: In die Richtung immer komplexerer Lebewesen und in jene zu weniger komplexen Lebewesen.

Und tatsächlich ist sogar auf Ebene der Chromosomen kein klarer Fortschritt festzustellen. Die genetische Information der Lebewesen wird von der Alge

bis zum Menschen nicht immer komplexer. Der Mensch zum Beispiel besitzt rund 25 000 Gene, genau so viele wie eine Maus. Das Haushuhn ist mit seinen rund 22 000 Genen nur wenig schlechter bestückt. Der Fadenwurm, mit einem Gehirn von nur dreihundert Zellen hat ebenfalls fast 20 000 Gene. Wenn wir bedenken, dass die Menschen ein Gehirn mit 1,4 Milliarden Zellen besitzen, ist es schon sehr überraschend, dass nur ein Drittel mehr Gene reichen, um aus einem Fadenwurm einen Mensch zu machen.

Ganz bitter wird es mit der Ackerschmalwand. Die kleine, einheimische Pflanze weist die unglaubliche Zahl von 26 000 Genen auf. Sie und mit ihr die meisten Pflanzen übertreffen hinsichtlich der Anzahl Gene Maus, Mensch und alle anderen Säugetiere. Immerhin haben die Bakterien relativ wenige Gene, je nach Art 500 bis 7000. Aber so richtig glücklich können wir darüber nun auch wieder nicht sein, denn immerhin hat unser berühmtester Darmbewohner (*Escherichia coli*) 5000 Gene, also immerhin ein Fünftel von uns.

Unser Gefühl trügt. Es gibt keinen Fortschritt von wenigen einfachen zu vielen komplexen Lebewesen mit dem Menschen als Krönung. In Tat und Wahrheit übertreffen die kleinsten Lebewesen der Welt, die Bakterien und Archaeen, die kühnsten Erwartungen hinsichtlich Vielfalt, aber auch hinsichtlich ihrer Fähigkeiten. Da gibt es solche, die in 350°C heißen Tiefseequellen leben oder mehrere Kilometer unter der Erdoberfläche problemlos existieren können.

Obwohl unzählige Biologinnen und Biologen seit Jahrzehnten versuchen, einen Stammbaum der Lebewesen zu erstellen, ist er noch niemandem gelungen. Zwar werden die Stammbäume immer genauer und besser, aber es wird vermutlich nie möglich sein, den «richtigen Stammbaum» zu finden. Mindestens drei Gründe sind dafür verantwortlich:

Die ungewisse Artenzahl

Noch immer ist nicht bekannt, wie viele verschiedene Lebewesen es auf der Welt gibt. Aristoteles vermutete einige Hundert. Zurzeit schätzen die Biologen die Zahl auf 10 bis 20 Millionen. Es gibt aber auch Schätzungen, dass es auf der Welt 112 Millionen Arten haben könnte. Beschrieben sind etwa 2 Millionen. Es wartet also noch viel Arbeit auf die Biologinnen und Biologen. Mit jedem neu gefundenen Lebewesen wächst der Stammbaum weiter und verändert sich.

Die ausgestorbenen Lebewesen

Seit mindestens 3,5 Milliarden Jahren gibt es Lebewesen auf der Welt. Das zeigen die ältesten Funde im Gestein. Bis heute wurden viele versteinerte Lebewesen gefunden, die meisten sind viel weniger alt. Doch die vielen ausgegrabenen Versteinerungen täuschen. Die

Gibt es mehr als eine Menschenart?

Noch vor wenigen Jahrzehnten war alles ganz einfach: Es gab die Menschenaffen mit Orang-Utan, Gorilla und Schimpanse sowie die Menschen. Der Unterschied war offensichtlich: Die einen gehen auf vier Beinen, sind stark behaart und mässig intelligent, die andern sind zwei-beinig, nackt und höchst intelligent.

Seit es möglich ist, die Chromosomen von Menschen und Menschenaffen miteinander zu vergleichen, ist alles anders. Der Unterschied zwischen Mensch und Schimpanse ist viel kleiner als jener zwischen Schimpanse und Gorilla bzw. Schimpanse und Oran-Utang. Naturwissenschaftlich viel korrekter wäre es, eine Gruppe der Menschenartigen zu bilden mit Mensch und Schimpanse und eine Gruppe der Menschenaffen mit Gorilla und Oran-Utang.



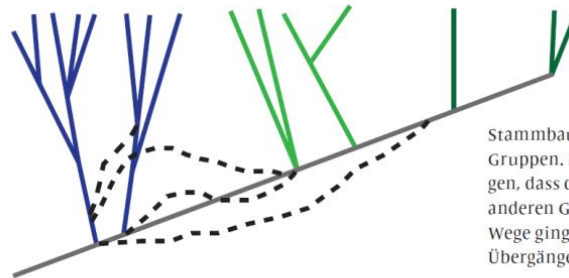
meisten Lebewesen, die auf der Erde lebten, sind nicht in Versteinerungen erhalten geblieben, sondern in der Erde oder im Meer verwest. Über die ausgestorbenen Lebewesen werden wir deshalb nie vollständig Bescheid wissen. Es werden immer riesige Lücken bleiben.

Die Frage der Verwandtschaft

Was beim Stammbaum der Familie meistens noch ganz einfach ist, die Frage der Verwandtschaft, ist bei

einem Stammbaum der Lebewesen kaum zu klären. Sind all jene miteinander verwandt, die ähnlich aussehen? Oder sind jene verwandt, die ähnliche Lebensweisen haben? Zu Zeiten von Darwin war das Aussehen das entscheidende Merkmal. Später gewann auch die Lebensweise an Bedeutung. Heute sind es immer mehr die Gene und Proteine. Alte Verwandtschaften müssen aufgelöst werden, neue entstehen, so auch beim Menschen (vgl. Kasten).

Zellkernlose		Zellkerträger			
Bakterien	Archaeen	Protisten	Pflanzen	Pilze	Tiere



Stammbaum mit sechs möglichen Gruppen. Die gestrichelten Linien zeigen, dass der Übergang von einer zur anderen Gruppe über verschlungene Wege ging und vermutlich mehrfache Übergänge bestehen.

Die Evolution kann in zwei Richtungen gehen: In die Richtung immer komplexerer Lebewesen und in jene zu weniger komplexen Lebewesen. Nenne zwei Merkmale, die zeigen, dass der Mensch nicht perfekt und teilweise weniger komplex ist als seine Vorfahren:

Wie viele Arten, also unterschiedliche Lebewesen, gibt es auf der Erde?

Wie lange gibt es schon Lebewesen auf der Welt?

Wieso werden wir nie wissen können, wie viele Lebewesen bereits ausgestorben sind? Erkläre:

Was fällt dir auf, wenn du den Stammbaum betrachtest?

Evolution verstehen	Was ist eine Art?	AB 9
<ul style="list-style-type: none"> • Du kannst Kriterien nennen, welche für die Einteilung von Lebewesen in Arten verwendet werden. • Du kannst mithilfe von Beispielen erklären, wieso die Einteilung von Lebewesen schwierig und nicht eindeutig ist. • Du weißt, dass es von Natur aus keine Arten gibt, sondern der Mensch Kategorien bestimmt hat. 		

Die Beschreibung einer Art scheint denkbar einfach und logisch:

Zu einer Art gehören alle Lebewesen, die einen ähnlichen Körperbau haben, sich ähnlich verhalten und unter natürlichen Bedingungen fruchtbare Nachkommen bilden können.

Doch ist wirklich so klar, was eine Art ist? Wo liegt die Grenze zwischen natürlichen und unnatürlichen Bedingungen? Ist ein Wildpark noch natürlich? Gibt es auf der Welt noch reine Natur? Auch das Kriterium der fruchtbaren Nachkommen ist unscharf.

Weibliche Maultiere können fruchtbar sein, männliche nicht. Es gibt aber Tiere, die uns noch viel mehr Probleme bereiten: Tiere wie der Grünlaubsänger. Der Grünlaubsänger ist ein kleiner, grünlicher Singvogel, der in einer kreisförmigen Region rund um das Himalaya-Gebirge lebt.

Soweit ist nichts Ungewöhnliches an diesem Vogel, für Darren Irwin von der University of California aber schon. Wenn er den Grünlaubsänger von Osten nach Westen verfolgt, verändert sich dessen Gesang schrittweise und fast unmerklich: Die kurzen Gesänge mit vielen Wiederholungen werden immer länger und komplizierter. Sobald Irwin auf seiner Rundtour die zentralasiatische Seite des Himalaya-Gebirges erreicht, beobachtet er etwas Erstaunliches: Er trifft wieder auf den Grünlaubsänger mit den kurzen Gesängen, gleichzeitig hört er aber auch Grünlaubsänger mit den komplizierten langen Gesängen. Beide Formen leben nebeneinander und paaren sich nicht.

Wenn Irwin den Grünlaubsänger in Zentralasien beobachtet, so hat er zwei Arten vor sich, überall sonst nur eine. «Dies ist ein Widerspruch, denn die zwei nebeneinander existierenden Formen des Singvogels können gleichzeitig als zwei Arten und als eine einzige Art bezeichnet werden», so Irwin.

Wenn wir zudem in Betracht ziehen, dass sich die häufigsten Lebewesen der Welt, die Bakterien, gar nicht sexuell fortpflanzen und wir sie folglich gar nicht klar in Arten aufteilen können, dann stellt sich sehr ernsthaft die Frage, ob es überhaupt Arten gibt.

Erstelle und beschrifte eine Skizze, die das Artenproblem des Grünlaubsängers veranschaulicht.



Was spricht dafür, dass die Grünlaubsänger in zwei verschiedene Arten aufgeteilt werden müssen?

Was spricht dafür, dass sie die gleiche Art sind?

	Kurzbeschreibung	Unsere Einteilung	Bemerkungen	Wissenschaftliche Einteilung
Puma - Leopard	Äussere Merkmale stark verschieden. Sie können sich erfolgreich paaren.			
Schimpanse - Mensch	Äussere Merkmale stark verschieden. Genetischer Unterschied ist nur 1%.			
Zebra - Pferd	Äussere Merkmale verschieden. Sie können sich erfolgreich paaren. Genetischer Unterschied ist 3%.			
Tiger - Löwe	Äussere Merkmale verschieden. Sie können sich erfolgreich paaren.			
Zwergschimpanse - Schimpanse	Äussere Merkmale verschieden. Sie können sich erfolgreich paaren.			
Wildkatze - Hauskatze	Hauskatze stammt nicht von Wildkatze ab. Sie können sich erfolgreich paaren.			
Saatkrähe - Nebelkrähe	Äussere Merkmale verschieden. Sie können sich erfolgreich paaren, sogar unter natürlichen Bedingungen.			
Seefrosch - Teichfrosch	Äussere Merkmale verschieden. Sie können sich erfolgreich paaren, sogar unter natürlichen Bedingungen.			
Deutsche Dogge – Dackel	Zucht aus wilden Hunden. Sie können sich nicht paaren.			
Pferd - Pony	Zucht aus Wildpferden. Es gibt keine echten Wildpferde mehr.			
Schwarzafrikaner – Chinese	Die genetischen Unterschiede sind extrem gering.			

Schlussfolgerungen:

*Evolution verstehen***Übersicht Evolutionsprozess**

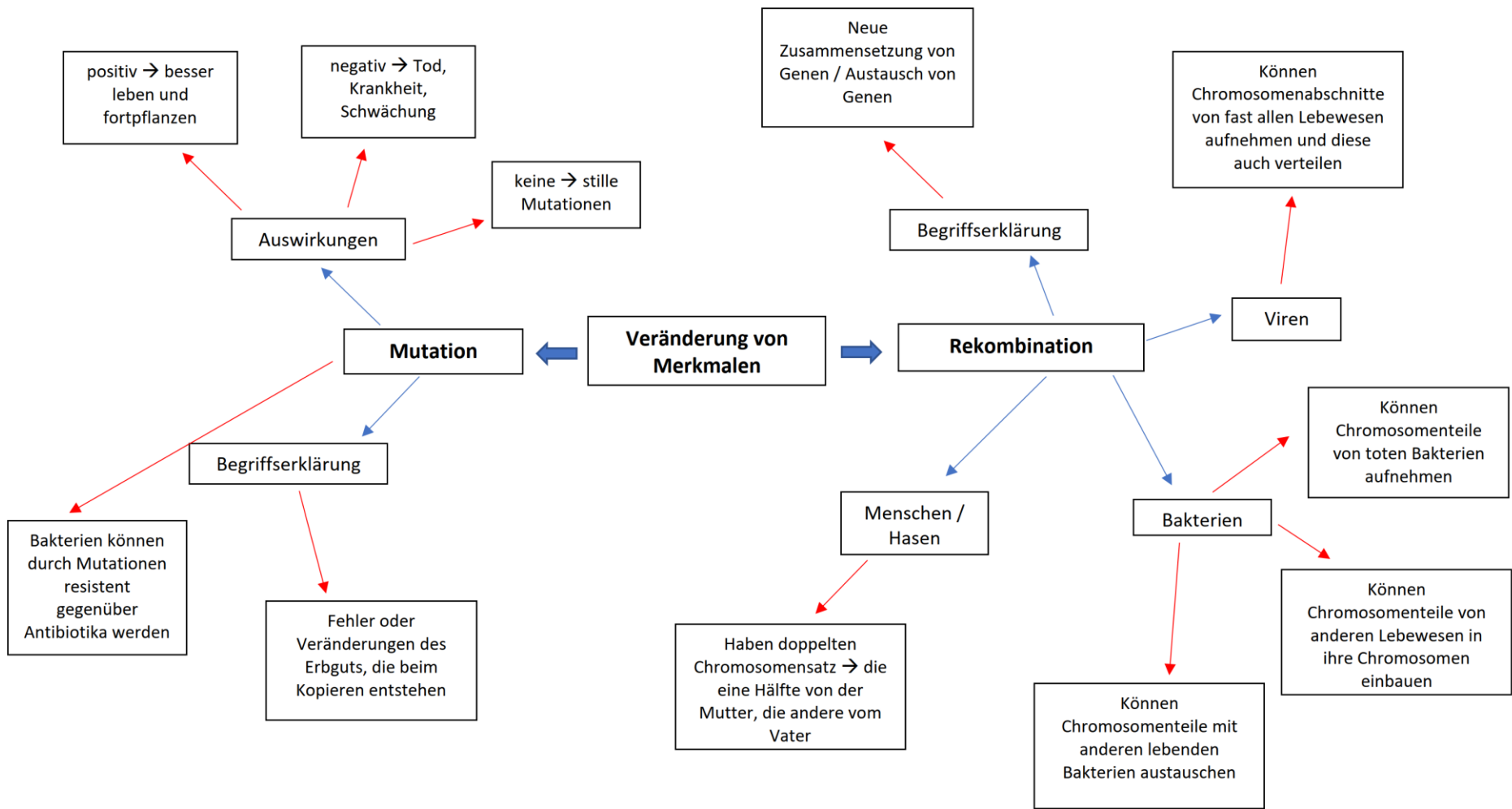
AB 10

Auftrag:

Schneide die Kärtchen zum Evolutionsprozess aus. Lege die Kärtchen um das vorgegebene Kästchen in der Mitte und verbinde die verschiedenen Begriffe mit Pfeilen, so dass diese sinnvoll zusammenhängen.

Erklärt euch anschliessend in 2er Gruppen den Evolutionsprozess.

Lebewesen mit unterschiedlichen
Körpereigenschaften



Lösung zum AB3

Stell dir vor, das Klima in der Region der Population verändert sich. Nun breiten sich Mücken aus, welche die erwähnte Krankheit übertragen. Wie wird sich die Zusammensetzung der Gruppe verändern? Wie wird dies ablaufen? Erkläre!

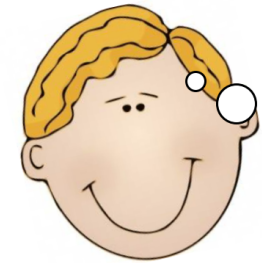
Die grünen Makebis haben nun einen Vorteil. Sie sind besser an die neuen Umweltbedingungen angepasst, da sie immun gegenüber der Krankheit sind. Sie überleben nun eher als die blauen und roten Makebis und können sich so besser fortpflanzen. Ihre Anzahl in der Population wird mit jeder Generation zunehmen. Die blauen und roten Makebis hingegen sterben nun vermehrt oder können sich nicht mehr fortpflanzen. Ihre Anzahl in der Population nimmt ab.

Eine Mutation führte dazu, dass manche Menschen Milchzucker verdauen konnten. Wieso hat sich diese Gruppe in Nordeuropa so stark ausbreiten können? Erkläre in eigenen Worten und verwende dein Wissen zur Selektion.

Bei den Menschen weltweit konnten früher nur Kleinkinder Milch verdauen. Vor etwa 8000 Jahren fanden die ersten Haustiere wie Kühe oder Schafe ihren Weg nach Europa. Im Norden und im Gebirge waren diese sehr nützlich, weil das Anpflanzen von Früchten, Gemüse und Getreide dort schwierig war. Man konnte nun das Fleisch der Tiere essen oder ihre Milch trinken. Nur eine kleine Minderheit der Menschen wies aber eine Mutation eines Genes auf. Durch diese Mutation konnten sie Milch verdauen. Dies war ein grosser Vorteil. Sie konnten viel Energie über die Milch gewinnen und haben so beispielsweise in Jahren mit schlechter Ernte eher überlebt. So konnten sie auch mehr Nachkommen zeugen.

Erkläre den Gendrift am Beispiel des Seitenfleckleguans in eigenen Worten:

Die grünen Leguane haben zufällig überhandgenommen und nicht etwa, weil sie besser an die Umgebung angepasst sind als die braunen Leguane. Als diese Region durch die Leguane besiedelt wurde, waren zufälligerweise sehr viele grüne Exemplare dabei. Diese haben sich fortgepflanzt und sind so immer zahlreicher geworden. Die wenigen braunen Leguane sind verschwunden.



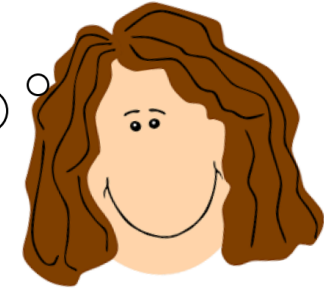
Levi

Stimmt nicht. Es existieren weiterhin sehr viele einfache Lebewesen. Evolution heisst nicht zwangsläufig Fortschritt.

Durch die Evolution gibt es einen Fortschritt von wenigen einfachen zu vielen komplexen Lebewesen. Alle Lebewesen entwickeln sich also weiter und werden komplexer.

Das ist korrekt.

Es gibt kein Ziel zu immer komplexeren Lebewesen auf der Erde. Zufällige Mutationen führen in Einzelfällen über viele Generationen hinweg zur immer höheren Komplexität. Doch mehrheitlich bleiben die Lebewesen auch nach vielen Generationen relativ einfach.



Molly

Werden alle Lebewesen durch die Evolution immer komplexer?
Ist der Mensch das höchst entwickelte Lebewesen?



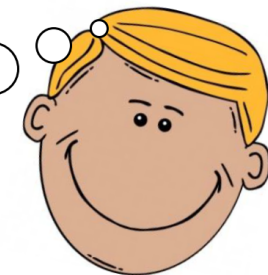
Poppy

Der Mensch ist die Krönung der Evolution. Menschen können so viel mehr als alle anderen Lebewesen. Evolution ist immer Fortschritt

Stimmt nicht. Menschen sind alles andere als perfekt. In manchen Bereichen ist der Mensch weniger komplex als seine Vorfahren.

Der Mensch hat viele besondere Fähigkeiten, aber er ist nicht perfekt. Nicht alle unsere Merkmale, welche durch die Evolution entstanden sind, sind auch ein Fortschritt.

Das ist korrekt.



Sam

Die Evolution kann in zwei Richtungen gehen: In die Richtung immer komplexerer Lebewesen und in jene zu weniger komplexen Lebewesen. Nenne zwei Merkmale, die zeigen, dass der Mensch nicht perfekt und teilweise weniger komplex ist als seine Vorfahren.

- Der Mensch hat einen blinden Fleck im Auge.
- Der Mensch kann Vitamin C nicht selbst herstellen.

Wie viele Arten, also unterschiedliche Lebewesen, gibt es auf der Erde?

Die Anzahl ist nicht bekannt. Biologen schätzen die Zahl auf 10 bis 20 Millionen. Beschrieben sind lediglich 2 Millionen.

Wie lange gibt es schon Lebewesen auf der Welt?

Seit mindestens 3.5 Milliarden Jahren

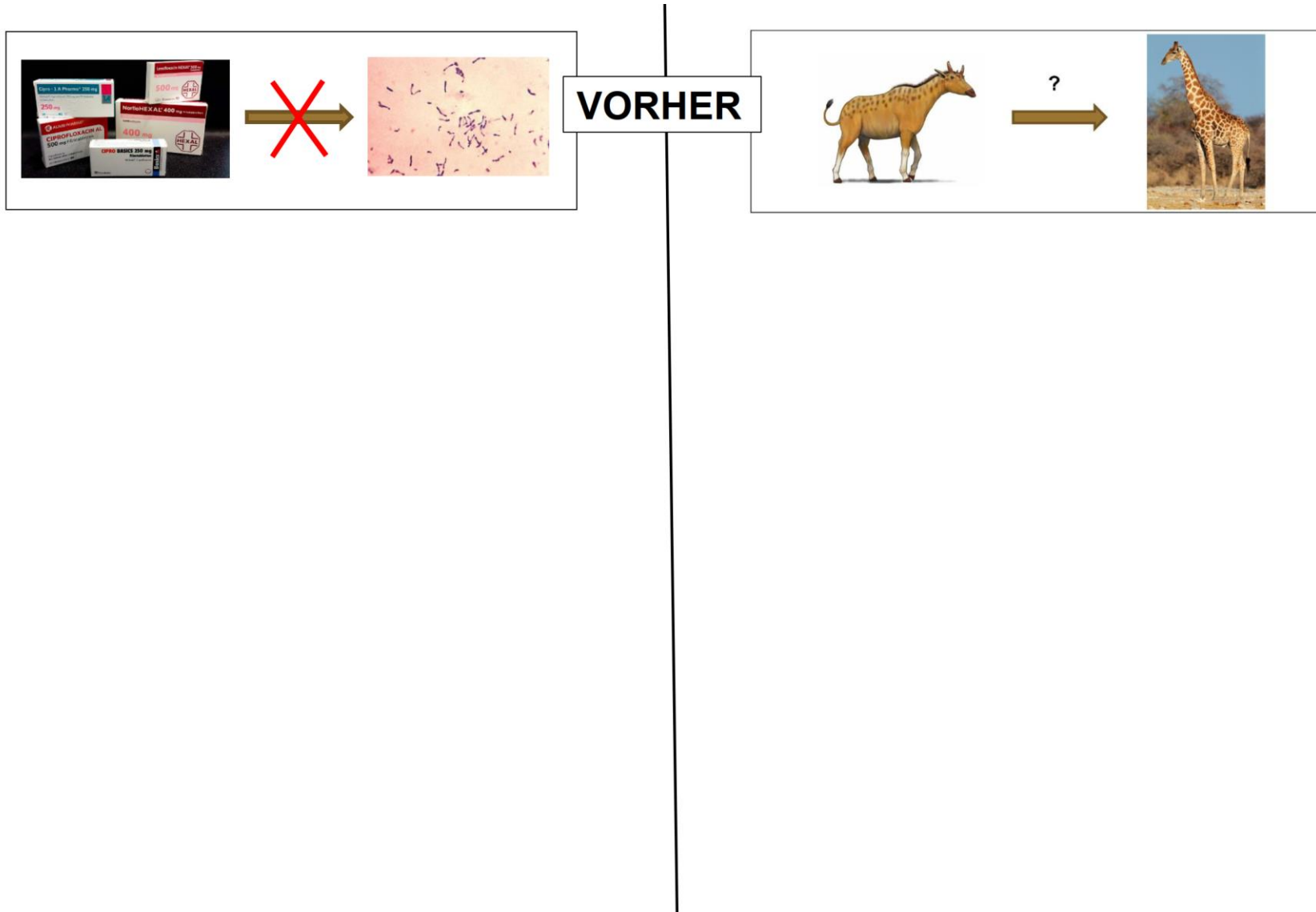
Wieso werden wir nie wissen können, wie viele Lebewesen bereits ausgestorben sind? Erkläre:

Die meisten ausgestorbenen Lebewesen bleiben nicht in Versteinerungen enthalten. Sie verwesen im Meer oder in der Erde.

Was fällt dir auf, wenn du den Stammbaum betrachtest?

Alle Lebewesen sind miteinander verwandt und stammen von einem gemeinsamen Vorfahren ab.

Anhang 1.4: Material Lehrpersonen



LP2: Spiel zur natürlichen Selektion - Informationen für die Lehrperson

In dieser Aktivität übernehmen die Schülerinnen und Schüler die Rolle einer Population, die auf Nahrungssuche ist. Die Individuen der Population variieren in ihrer Bewegungsfähigkeit während der Nahrungssuche. Des Weiteren unterscheiden sich die Individuen der Population bezüglich der Anfälligkeit für eine von Mücken übertragene Krankheit. Die Schülerinnen und Schüler beobachten, wie sich die Population durch natürliche Selektion entwickelt, während das Spiel fortschreitet.

Ablauf

1. Informieren Sie die Schülerinnen und Schüler, dass sie die Rolle einer Population spielen, die auf Nahrungssuche ist. Die erfundenen Lebewesen der Population heissen **Makebis**. Als Nahrung können verschiedene Gegenstände wie Pokerchips, Schöggeli usw. dienen.
2. Die Schülerinnen und Schüler oder eben die Makebis unterscheiden sich darin, wie sie sich fortbewegen können, während sie nach der Nahrung suchen. Die drei Bewegungsarten sind:
 - Blaue Makebis: Geher (können sich normal bewegen)
 - Grüne Makebis: Fersen-Zehen-Geher (die Ferse eines Fusses muss direkt vor den Zehen des anderen Fusses platziert werden)
 - Rote Makebis: Hüpfen (können nur mit ihren beiden Beinen zusammen hüpfen)
3. Die verschiedenen Makebis unterscheiden sich auch bezüglich der Anfälligkeit für eine von Mücken übertragene Krankheit. Für das Spiel selbst ist das nicht wichtig. Es wird aber später wieder aufgegriffen.
 - Blaue Makebis: Sie sterben innerhalb kurzer Zeit an der übertragenen Krankheit.
 - Grüne Makebis: Sie sind immun gegenüber der Krankheit.
 - Rote Makebis: Sie werden durch die Krankheit stark geschwächt und können sich für einige Zeit nicht fortpflanzen.
4. Teilen Sie die Schülerinnen und Schüler in die drei Gruppen. Um die besten Ergebnisse zu erzielen, wird empfohlen, das Spiel nur mit einer sehr geringen Anzahl von blauen Makebis zu beginnen. Sie können die blauen Makebis als eine neue Mutation in der Population darstellen (und daher mit einer niedrigen Zahl beginnen). Die Klasse kann so beobachten, wie / ob sich diese Mutation in der Population ausbreitet.
5. Die Schülerinnen und Schüler müssen sich am Rand eines bestimmten Spielbereichs aufstellen (die Grösse des benutzten Bereichs hängt von der Anzahl der Schülerinnen und Schüler ab). An dieser Stelle kann betont werden, dass in diesem Gebiet keine Mücken leben, welche die erwähnte Krankheit übertragen.
6. Verteilen Sie die Nahrung zufällig innerhalb des Spielbereichs. Vermeiden Sie grosse Haufen von Nahrung. Für gute Ergebnisse sollte die Anzahl der Nahrung, die Sie für das Spiel verteilen, 2x die Anzahl der Teilnehmenden betragen.
7. Das Spiel findet in 4 Runden statt, die als 4 Generationen beschrieben werden können. Während einer Runde haben die Teilnehmenden 20 Sekunden (die Zeit kann abhängig von der Größe des Spielbereichs angepasst werden), um so viele

Nahrungsstücke wie möglich zu sammeln, während sie in ihrer Bewegungsart bleiben.

8. Schülerinnen und Schüler, die mindestens 2 Nahrungsstücke haben, können ausreichend Nahrung sammeln und überleben. Diejenigen, die weniger als 2 Nahrungsstücke sammeln, sterben und verlassen das Spielfeld in eine sogenannte Wartezone.
9. Schülerinnen und Schüler, die 4 oder mehr Nahrungsstücke sammeln, können sich reproduzieren. Eine Person pflanzt sich fort, indem sie einen toten Spieler/eine tote Spielerin aus der Wartezone zurück in das Spiel bringt. Diese wiederbelebten Spieler und Spielerinnen übernehmen die Bewegungsart der Person, die sich reproduzieren konnte. Sie gehören also derselben Gruppe von Makebis an. Zählen Sie nach der Reproduktion die verschiedenen Gruppen von Makebis und notieren Sie die Daten. Die Schülerinnen und Schüler können diese später übernehmen.
10. Wiederholen Sie die Schritte 5-9 für die verbleibenden Runden / Generationen. Am Ende des Spiels müssen Sie die Anzahl der Gruppen von Makebis abschliessend zählen und die Daten erneut notieren.
11. Die Schülerinnen und Schüler können die gesammelten Daten zu den Makebis in der Population über die Generationen nun in die Tabelle übertragen.

Lerngelegenheit 6

Gründereffekt und Gendrift

Kompetenzerwerb

Gründereffekt und Gendrift als einen Teil des Evolutionsprozesses verstehen.

Zeitraumen

1 Lektion

Vorgehen

Spielerisch testen, wie Gendrift und Gründereffekt das Überleben von Lebewesen beeinflussen.

1. Gruppenweise (Zweier- bis Dreiergruppen) vorbereiten der Spielkarten: Evopeng ausschneiden, falten, in einem Gefäß bereitstellen.
2. Bearbeiten der Aufträge auf der Kopiervorlage «Das Überleben der Glücklichen».
3. Studium der Seiten 12 (ab Absatz 6) und Seite 13.
4. Kurzzusammenfassung zu Gendrift und Gründereffekt schreiben.

5. Korrektur des Auftrages und der Kurzzusammenfassung: Abgabe an die Lehrperson.

Ergebnissicherung

Jede Schülerin und jeder Schüler füllt die Kopiervorlage «Das Überleben der Glücklichen» aus. Erwartete Resultate im Küstenstreifen:

Die **schwarzen** Evomares werden vermutlich **verschwinden** (oder im besten Fall anfänglich gleich bleiben), weil sie nur untereinander schwarze Junge kriegen können.

Die **braunen** Evomares werden vermutlich **überhandnehmen**, weil sie auch bei der Paarung mit den andersfarbigen Evomares braune Junge kriegen.

Die **gelben** Evomares werden vermutlich **verschwinden**, weil sie mit nur zwei Lebewesen starten und nur untereinander gelbe Junge kriegen können.

	Anzahl Schwarze	Anzahl Braune	Anzahl Gelbe	Welcher Farbtyp wird vermutlich überhandnehmen?
Sturmereignis	4			schwarz
Sturmereignis	3		1	schwarz
Sturmereignis	3	1		braun (vermutlich)
Sturmereignis	2	1	1	braun (vermutlich)
Sturmereignis	2	2		braun (vermutlich)
Sturmereignis	1	2	1	braun
Sturmereignis	1	3		braun
Sturmereignis		3	1	braun
Sturmereignis		4		braun
Seltenes Sturmereignis		2	2	braun (vermutlich)
Seltenes Sturmereignis	1	1	2	braun (vermutlich)
Seltenes Sturmereignis	2		2	gelb und/oder schwarz

Schlussfolgerung:

Gründereffekte können dazu beitragen, dass sich Lebewesen mit Merkmalen (im Beispiel schwarz und gelb) durchsetzen, die unter normalen Umständen kaum eine Chance hätten.

Die Schülerinnen und Schüler halten in eigenen Worten den Mechanismus der Gendrift und des Gründereffekts am Beispiel des Seitenfleckenguans fest. Dazu sind maximal drei Sätze erlaubt.

Kopiervorlagen

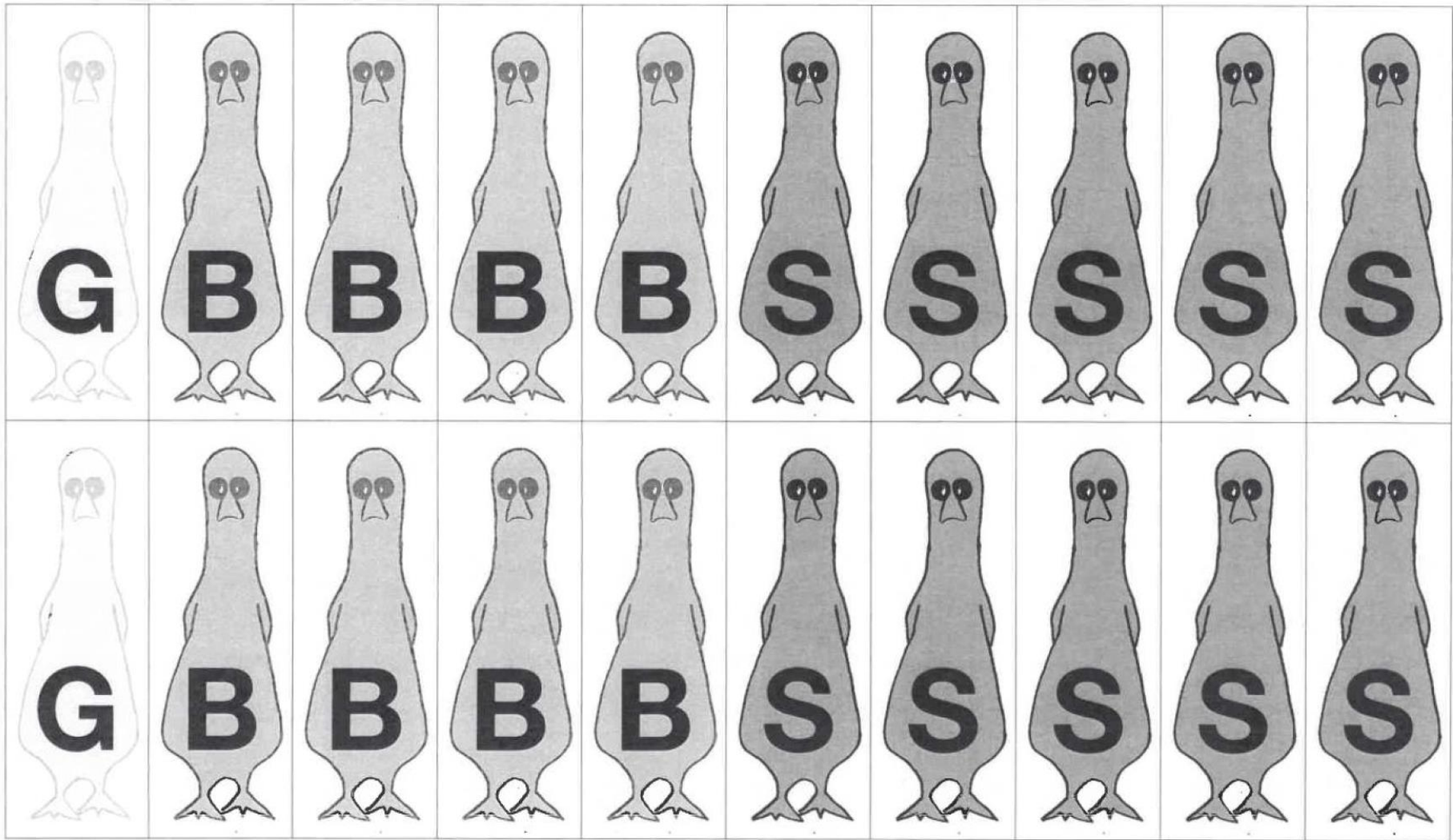
Spielkarten: Merkmale von Euopeng (Lerngelegenheit 6)
pro Gruppe 1 Mal kopieren

Das Überleben der Glücklichen (Lerngelegenheit 6)
pro Person 1 Mal kopieren

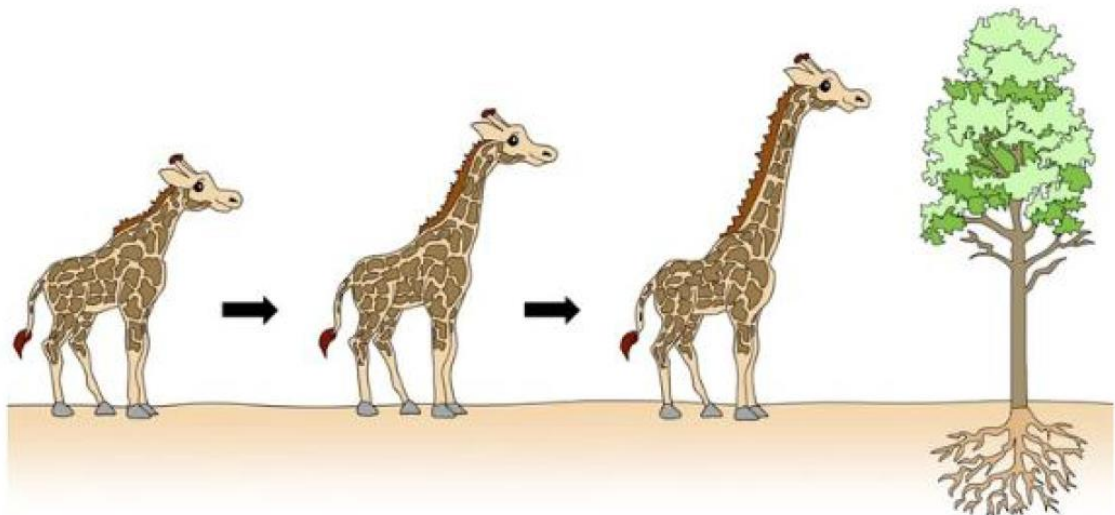
Magazin

Die Inhalte der Seiten 12 und 13 dienen als Leseauftrag.

Gründereffekt und Gendrift | Spielkarten: Merkmale von Evopeng



Jean-Baptiste de Lamarck



Fortpflanzung

Sterben

Vielfalt der Gene

Mutationen

(zufällige Kopierfehler)

Selektion

Gendrift

**Überhandnehmen
eines Typs**

Überleben

Rekombination

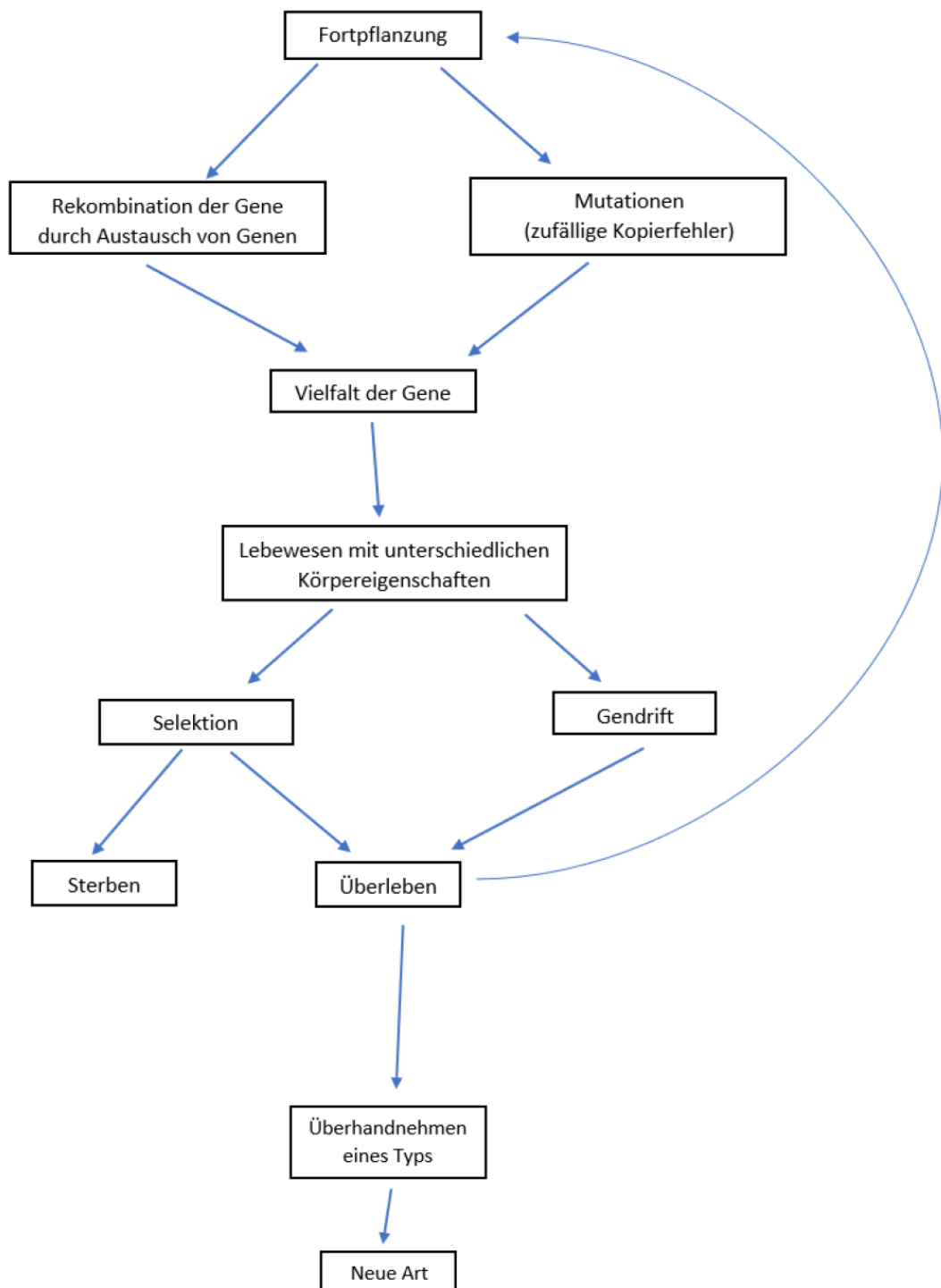
(Austausch von Genen)

**Lebewesen mit
unterschiedlichen
Körpereigenschaften**

Mögliche Lösung

Bemerkung: Die SuS sollen darauf aufmerksam gemacht werden, dass veränderte Gene zu anderen Eigenschaften führen können, aber nicht müssen. Der Genotyp kann sich verändern, ohne dass der Phänotyp dies tut.

Das Kärtchen *neue Art* ist in diesem Durchgang noch nicht dabei, da das Thema Arten noch nicht behandelt wurde.



Lerngelegenheit 9

Höherentwicklung?

Kompetenzerwerb

Erkennen, dass die Zunahme an Komplexität in der Natur nicht ein Ziel ist, sondern aufgrund von zufälligen Mutationen zustande kommt.

Zeitrahmen

1 Lektion

Vorgehen

Das hier gewählte Vorgehen entspricht einer klassischen naturwissenschaftlichen Untersuchung.

1. Die Schülerinnen und Schüler setzen sich mit der Problemsituation auseinander.
2. Alle halten ihre persönlichen Vermutungen zum Problem schriftlich fest.
3. Die Schülerinnen und Schüler experimentieren mit den Münzen und halten ihre Beobachtungen fest.

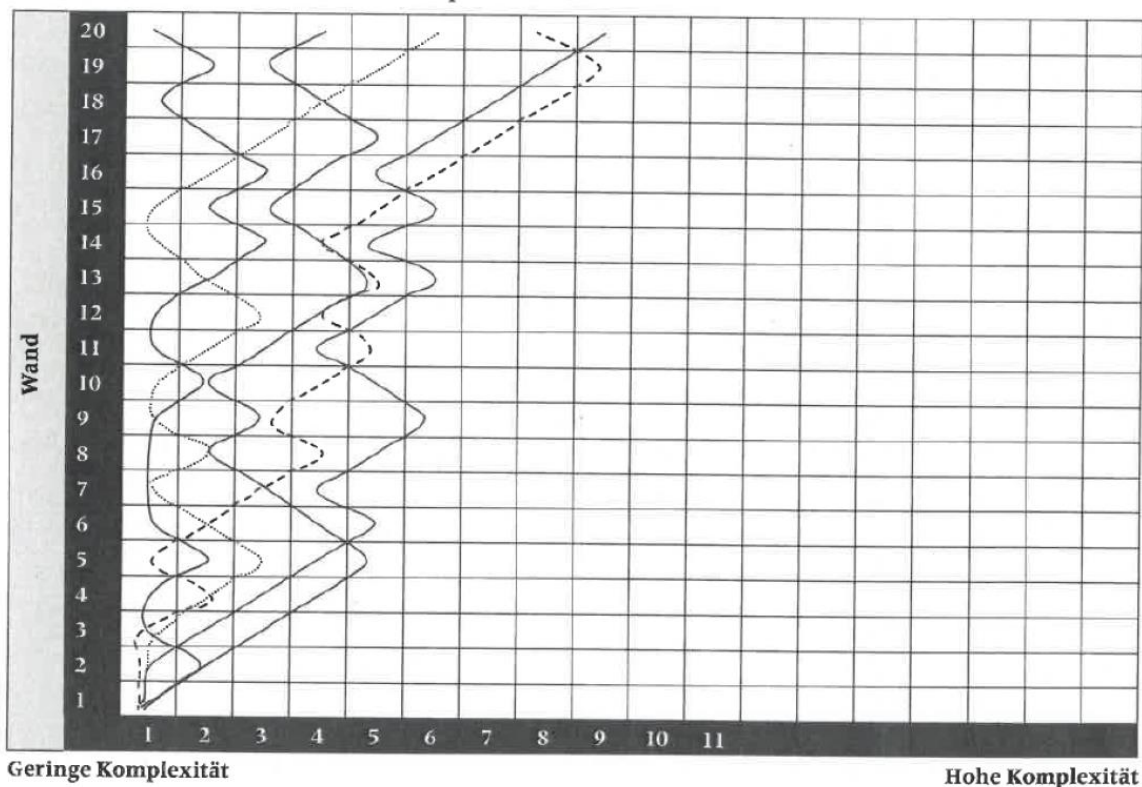
Diese schriftlich festgehaltenen Beobachtungen sind grundsätzlich korrekt. Sie müssen folglich nicht korrigiert werden.

4. Die Wurfresultate der einzelnen Schülerinnen und Schüler werden an der Tafel oder auf dem Hellraumprojektor zusammengefasst und von den Schülerinnen und Schülern auf ihre Protokollblätter übertragen.
5. Die Ergebnisse der Gesamtklasse werden im Plenum diskutiert und gemeinsam aufgeschrieben.
6. Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt in Einzelarbeit. Die Schülerinnen und Schüler nutzen neben den Klassenergebnissen die Informationen der Seiten 14 und 15 des Magazins.
7. Nach dem Austausch der persönlich notierten Schlussfolgerungen werden jene der gesamten Klasse festgehalten (vgl. Vorschlag unter Ergebnissicherung).

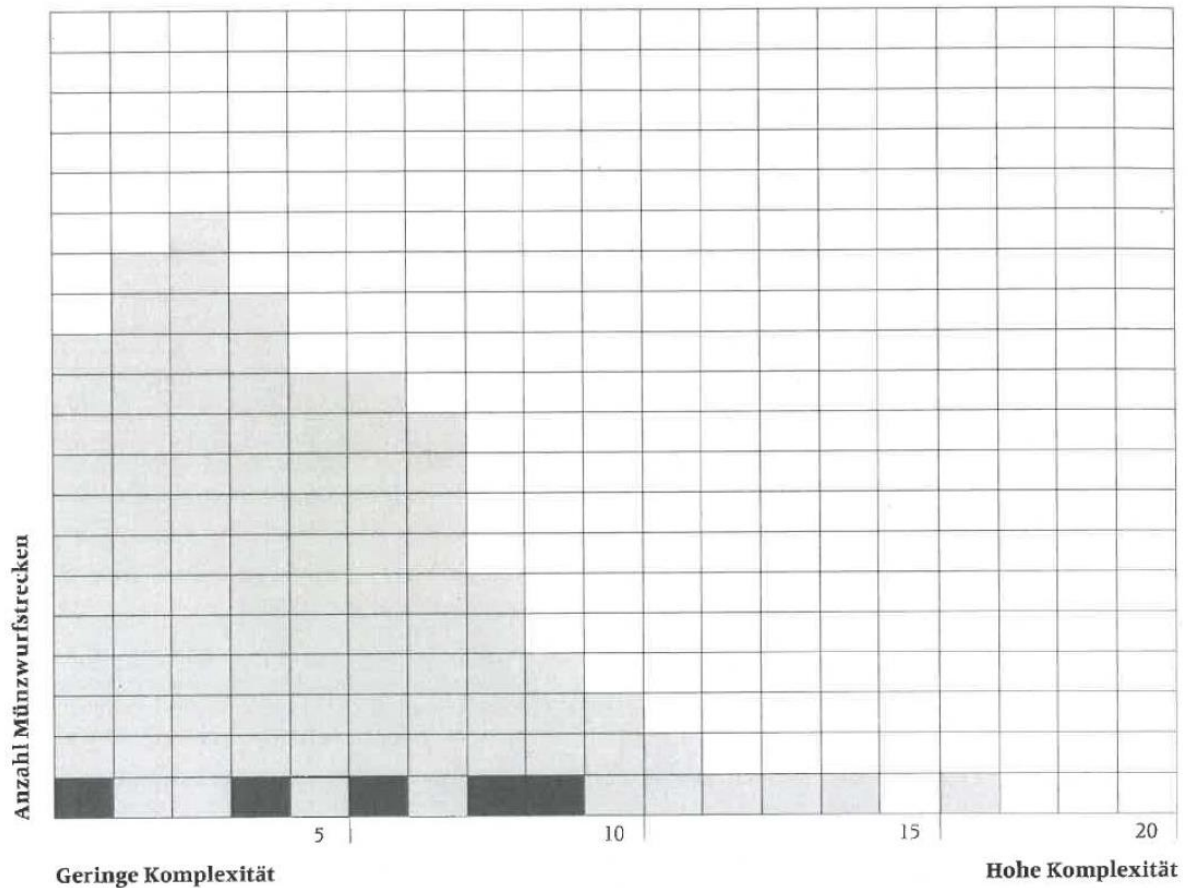
Ergebnissicherung

Die Ergebnissicherung erfolgt parallel zum Experiment mit den Münzen mittels der beiden Protokollblätter zur Höherentwicklung. Im Folgenden sind mögliche Resultate dargestellt und beschrieben:

Beispiel von fünf Münzwürfen eines Beispielschülers



Häufigkeiten in einer Klasse mit 21 Schülerinnen und Schülern



Die Ergebnisse (jeweils der 20. Wurf) des Beispielschülers aus der ersten Grafik sind hier dunkel angefärbt.

- » Mögliche Beschreibung der Ergebnisse der Klasse:
Die meisten Münzwürfe endeten bei den Zahlen 2, 3 und 4. Relativ viele auch bei 1. Nicht mehr häufig endeten die Münzwürfe bei 9 und höher. Wir beobachten eine einseitige, nach links verschobene Glockenkurve.
- » Mögliche Beschreibung der Schlussfolgerungen der Klasse:
Unser Gefühl trägt: Es gibt kein Ziel zu immer komplexeren Lebewesen auf der Erde. Zufällige Mutationen führen in Einzelfällen über viele Generationen hinweg zur immer höheren Komplexität. Doch mehrheitlich bleiben die Lebewesen auch nach vielen Generationen noch relativ einfach.

Kopiervorlagen

Kann der Zufall zu «höheren» Lebewesen führen? (Lerngelegenheit 9) *pro Person 1 Mal kopieren*

Zusätzliches Material: Pro Schülerin und Schüler 1 Münze, 5 verschiedene Farben

Magazin

Die Inhalte der Seiten 14 und 15 dienen als Grundlage für die Ergebnissicherung.

Lerngelegenheit 10

Was ist eine Art?

Kompetenzerwerb

Verstehen, dass es von Natur aus keine Arten gibt, sondern dass es sich bei den Arten um Kategorien handelt, die von den Menschen gesetzt sind.

Zeitrahmen

1½ Lektionen

Vorgehen

Teil A

1. Die Lehrperson präsentiert in einem Vortrag die Inhalte der Seiten 16 und 17.
2. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten in Zweier-Teams das Arbeitsblatt «Das Problem mit den Arten».
3. Schnelle Schülerinnen und Schüler übertragen einzelne ihrer Lösungen auf eine Hellraumprojektor-Folie.
4. Sobald alle Zweier-Teams das Arbeitsblatt ausgefüllt haben, präsentieren die Schülerinnen und Schüler ihre Folien. Anhand der Schülerfolien diskutiert die Lehrperson die korrekte Lösung. Bei Bedarf korrigieren die Schülerinnen und Schüler ihre Resultate und Skizzen.

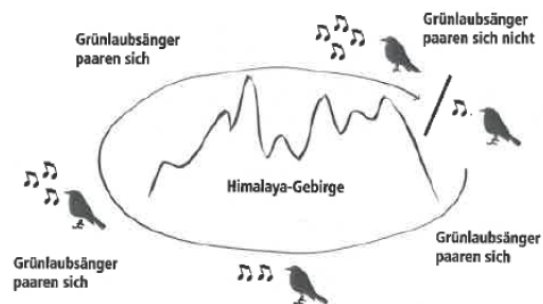
Teil B

1. Die zuvor gebildeten Zweier-Teams erhalten Diskussionskarten, mit denen sie Tierpaare einer vorgegebenen Systematik zuordnen: unterschiedliche Gattung, gleiche Gattung, gleiche Art, gleiche Rasse. Die Einteilung in die vier Kategorien muss begründet werden können. Die Lehrperson erklärt zuvor das Prinzip der hierarchischen Einteilung: Gattung, Art, Rasse.
2. Plenum: Diskussion der Einteilungsversuche an der Wandtafel bzw. auf dem Hellraumprojektor. Gibt es eine Klassenlösung? Gibt es Zweifelsfälle?
3. Die Zweier-Teams erhalten eine Arbeitstabelle, die Kurzinformationen zu den Tieren enthält. Die Einteilung der Lebewesen wird mit den Diskussionskarten neu erstellt.
4. Plenum: Diskussion der zweiten Einteilungsversuche. Vergleich mit der ersten Version an der Wandtafel bzw. auf dem Hellraumprojektor. Übertragen der Klassenlösung auf die Arbeitstabelle.

5. Vergleich der Klassenlösung mit der wissenschaftlichen Einteilung. Markieren der Unterschiede.
6. Schriftlich festhalten, weshalb die Einteilung von Lebewesen so schwierig ist.

Ergebnissicherung

Mögliche Skizze, die das Artenproblem des Grünlaubsängers veranschaulicht:



Was spricht dafür, dass die Grünlaubsänger in zwei verschiedene Arten aufgeteilt werden müssen?

- » Es gibt in Sibirien zwei Typen, die sich nicht paaren können.
- » Es gibt in Sibirien zwei Typen, die sich anders verhalten, sie singen anders.
- » Würde die südlich lebende Zwischenform ausgerottet, hätten wir klar zwei Arten.

Was spricht dafür, dass sie die gleiche Art sind?

- » Es gibt südlich lebende Zwischenformen (Rassen) der beiden sibirischen Typen.
- » Über die Zwischenformen (Rassen) ist eine Paarung der beiden Typen möglich.
- » Das Verhalten ändert sich ganz langsam über die Zwischenformen (Rassen).

Die Einteilung gewisser Tiere und Pflanzen ist unter Biologinnen und Biologen teilweise stark umstritten. Hier wurde die zurzeit häufigste aufgeführt:

Tierpaare	Wissenschaftliche Einteilung
Puma – Leopard	Gattung verschieden
Schimpanse – Mensch	Gattung verschieden
Zebra – Pferd	Gattung gleich
Tiger – Löwe	Gattung gleich
Zwergschimpanse – Schimpanse	Gattung gleich
Wildkatze – Hauskatze	Gattung gleich
Saatkrähe – Nebelkrähe	Gattung gleich
Seefrosch – Teichfrosch	Gattung gleich
Deutsche Dogge – Dackel	Art gleich
Pferd – Pony	Art gleich
Schwarzafrikaner – Chinese	Rasse gleich

Mögliche Schlussfolgerungen für das Theorieheft:

- » Auch in Fällen, bei denen die kennen gelernte Artdefinition problemlos anwendbar wäre, wird sie nicht übernommen. Dogge und Dackel müssten zwei verschiedene Arten sein. Nebelkrähe und Saatkrähe müssten der gleichen Art zugeteilt sein.
- » Die Einteilung in Gattungen ist bei vielen Tieren nicht nachvollziehbar. Es gibt keine Definition für die Kategorie Gattung.
- » Der Begriff Rasse wird üblicherweise nur bei Züchtungen angewendet, bei Wildformen spricht man von Unterart. Der Begriff Rasse sollte vermieden werden, weil er verwirrt (zum Beispiel bei Menschen).
- » Die Einteilung der Lebewesen in Arten ist nicht von der Natur her gegeben, sondern vom Menschen gemacht.

Kopiervorlagen

- » Eine oder zwei Arten? (Lerngelegenheit 10) *pro Person 1 Mal kopieren*
- » Arbeitstabelle Gattung – Art – Rasse (Lerngelegenheit 10) *pro Person 1 Mal kopieren*
- » Diskussionskarten Gattung – Art – Rasse (Lerngelegenheit 10) *pro Gruppe 1 Mal kopieren*

Magazin

Die Inhalte der Seiten 16 und 17 dienen als nachfolgender Leseauftrag.

Was ist eine Art? | Gattung – Art – Rasse

Kategorien

- » Gattung verschieden
- » Art verschieden
- » Rasse verschieden

- » Gattung gleich
- » Art verschieden
- » Rasse verschieden

- » Gattung gleich
- » Art gleich
- » Rasse verschieden

- » Gattung gleich
- » Art gleich
- » Rasse gleich

Tierpaare

Puma
– Leopard

Schimpanse
– Mensch

Zebra
– Pferd

Tiger
– Löwe

Zwergschimpanse
– Schimpanse

Wildkatze
– Hauskatze

Saatkrähe
– Nebelkrähe

Seefrosch
– Teichfrosch

Deutsche Dogge
– Dackel

Pferd
– Pony

Schwarzafrikaner
– Chinese

Die Entstehung von neuen Arten

Was ist überhaupt eine Art?



Wie kann eine neue Elefantenart entstehen?



Typ A

Typ B

Sexuelle Verbreitungsschranke

räumliche Verbreitungsschranken

Indien

Thailand

Gendrift

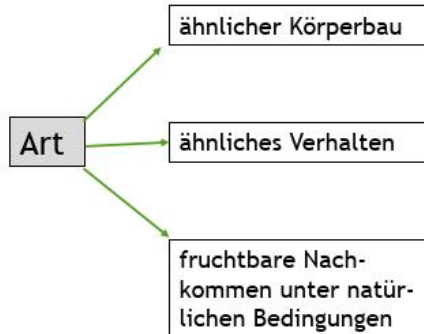
Gendrift

Typ A

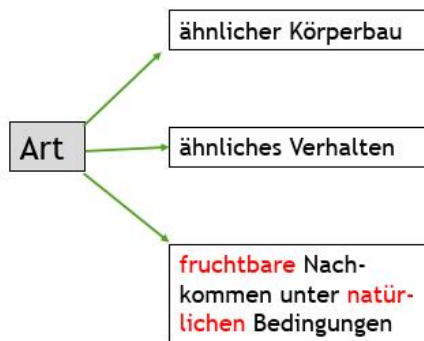
Typ B

→ Entstehung von 2 Arten

Gibt es überhaupt Arten?

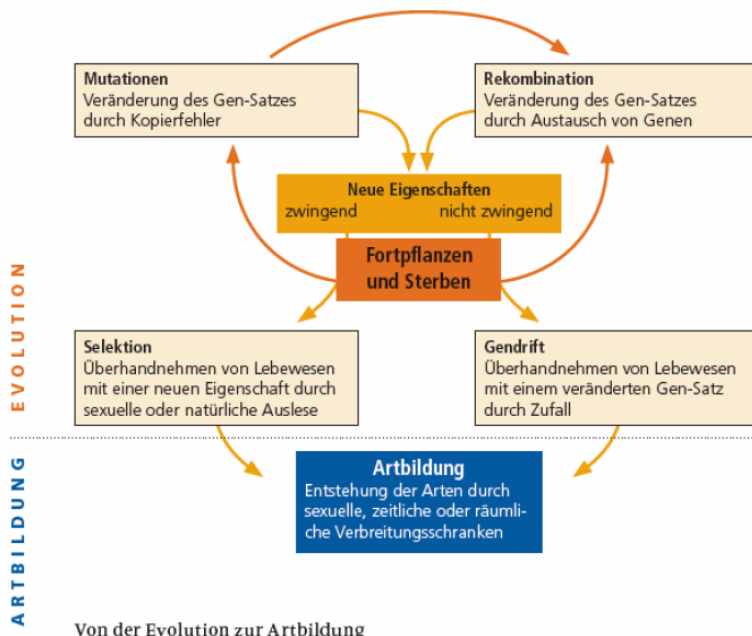


Gibt es überhaupt Arten?



Die Entstehung neuer Arten

– falls es sie gibt



Von der Evolution zur Artbildung

Man kann sie nicht übersehen: die Elefanten. Sie sind die grössten Landsäugetiere und vor allem im asiatischen Raum seit Jahrtausenden ständige Begleiter des Menschen. Und trotzdem: Biologinnen und Biologen sind sich nicht sicher, wie viele Elefantenarten es gibt. Wenn sie es nicht einmal bei den Elefanten wissen, wie sollen sie denn all die Insektenarten bestimmen können? Oder noch viel anspruchsvoller, all die winzigen Bakterien?

«Wie viele Elefantenarten gibt es? Entsteht gerade eine neue Elefantenart?»

Wie kann eine neue Elefantenart entstehen? Zur Erklärung eignet sich der asiatische Elefant besonders gut. Vor mehreren hundert Jahren verteilten sich die asiatischen Elefanten noch über weite Teile Asiens. Mit der Zeit wurden sie vom Menschen auf wenige Gebiete zurückgedrängt. In grosser Zahl trifft man nur noch in Indien und Sri Lanka sowie Thailand und Laos auf

Elefanten, total nur noch 50 000 Tiere. Die Elefanten leben in kleineren Gruppen, die zum Teil weit von einander entfernt sind.

Forscherinnen und Forscher unter der Leitung von Jörns Fickel aus Berlin haben festgestellt, dass sich die asiatischen Elefanten genetisch in einen Typ A und einen Typ B teilen lassen. Vieles deutet darauf hin, dass sich die beiden Typen immer stärker abtrennen und schrittweise zwei neue Arten bilden.

Wie ist es möglich, dass sich zwei neue Arten bilden? Jörns Fickel hat beobachtet, dass sich die Bullen vom Typ A aus irgendeinem Grund fast nur noch mit Elefantenkühen paarten, die ebenfalls vom Typ A sind. Auch die Bullen vom Typ B paaren sich praktisch nur noch mit B-Weibchen. Offensichtlich fühlen sie sich von den jeweils genetisch ähnlicheren stärker angezogen. Es findet eine sexuelle Auswahl statt, haben Jörns Fickel

und sein Team beobachtet (sexuelle Verbreitungsschranke).

Noch aber können wir nicht von zwei Arten sprechen, denn die Elefanten vom Typ A und jene vom Typ B können sich durchaus gemischt paaren und gesunde Junge haben, wenn sie nicht räumlich getrennt voneinander leben. Genau hier liegt der entscheidende Punkt. Thailändische Elefantengruppen haben zum Beispiel keinen Kontakt mehr zu indischen: Zu zerstückelt sind ihre Lebensräume, zu klein sind die Herden. Die indischen und die thailändischen Elefanten leben voneinander getrennt (räumliche Verbreitungsschranken).

Wenn in den kommenden Jahrzehnten in den thailändischen Elefanten-

herden zufällig der Typ A überhandnimmt (Gendrift), hingegen in Indien der Typ B, dann wird eine thailändische Elefantenart A und eine indische Art B entstehen (Artbildung). «Dass wir ein Lebewesen genau im Stadium der Artbildung untersuchen können, ist eine absolute Seltenheit», erläutert der Studienleiter Jörns Fickel. Denn er geht davon aus, dass genau diese Trennung geschehen wird.

Dank Jörns Fickel und seinem Team ist klar, wie eine neue Elefantenart entstehen kann, und ebenso klar ist aber, dass es im Moment nur eine Art der asiatischen Elefanten gibt. Wenn wir folglich wissen wollten, wie viele Elefantenarten existieren, müssten wir nur noch die Artenzahl in Afrika kennen.

Aber gerade das ist nicht ganz so einfach, wie es scheint. Seit länger Zeit sind zwei afrikanische Elefanten bekannt: die Savannen-Elefanten und die etwas kleineren Wald-Elefanten.



Der Savannen-Elefant, eine eigene Art?



Der Grünlaubsänger, eine oder zwei Arten?

Das amerikanische Forschungsteam um Lori Eggert vermutet jedoch, dass in Westafrika eine dritte Art vorkommt, die die Eigenschaften von beiden anderen hat, aber durch Vulkan- und Wüstengebiete abgetrennt von ihnen lebt (räumliche Verbreitungsschranken). Untersuchungen der DNS der Elefanten haben die Vermutungen bestärkt.

Handelt es sich bei den Westafrika-Elefanten wirklich um eine neue Art? Wann ist eine Art eine Art? Was ist eigentlich eine Art? Alle diese Fragen

Körperbau haben, sich ähnliche verhalten und die unter natürlichen Bedingungen fruchtbare Nachkommen bilden können.

Esel und Pferd sind also ganz klar zwei Arten. Sie paaren sich zwar und können Junge kriegen (das Maultier beziehungsweise der Maulesel), doch geschieht dies nicht unter natürlichen Bedingungen und die Nachkommen sind selten fruchtbar.

Doch ist wirklich so klar, was eine Art ist? Wo liegt die Grenze zwischen

sich der Gesang des Grünlaubsängers schrittweise und fast unmerklich: Die kurzen Gesänge mit vielen Wiederholungen werden immer länger und komplizierter. Sobald Irwin auf seiner Rundtour die sibirische Seite des Himalaya-Gebirges erreicht, beobachtet er etwas Erstaunliches: Er trifft wieder auf den Grünlaubsänger mit den kurzen Gesängen, gleichzeitig hört er aber auch Grünlaubsänger mit den komplizierten langen Gesängen. Beide Formen leben nebeneinander und paaren sich nicht.

«Ist der Westafrika-Elefant eine eigene Art? Ist der Esel eine? Was ist eine biologische Art?»

könnten uns egal sein, wenn es nicht, um das Aussterben einer Elefantenart gehen würde. Falls nämlich der Westafrika-Elefant eine eigene Art bildet, dann ist diese Art akut vom Aussterben bedroht. Es gibt nur noch 12000 Tiere.

Mindestens seit Aristoteles (vgl. Seite 20) sind die Menschen davon überzeugt, dass es in der Natur wirklich existierende Einheiten von Lebewesen gibt. Diese Einheiten werden Arten genannt und – so war man sich lange sicher – sie lassen sich ganz klar von einander abgrenzen. Die Beschreibung einer Art scheint ja auch denkbar einfach und logisch: Zu einer Art gehören alle Lebewesen, die einen ähnlichen

natürlichen und unnatürlichen Bedingungen? Ist ein Wildpark noch natürlich? Gibt es auf der Welt noch reine Natur? Auch das Kriterium der fruchtbaren Nachkommen ist unscharf. Weibliche Maultiere können fruchtbar sein, männliche nicht.

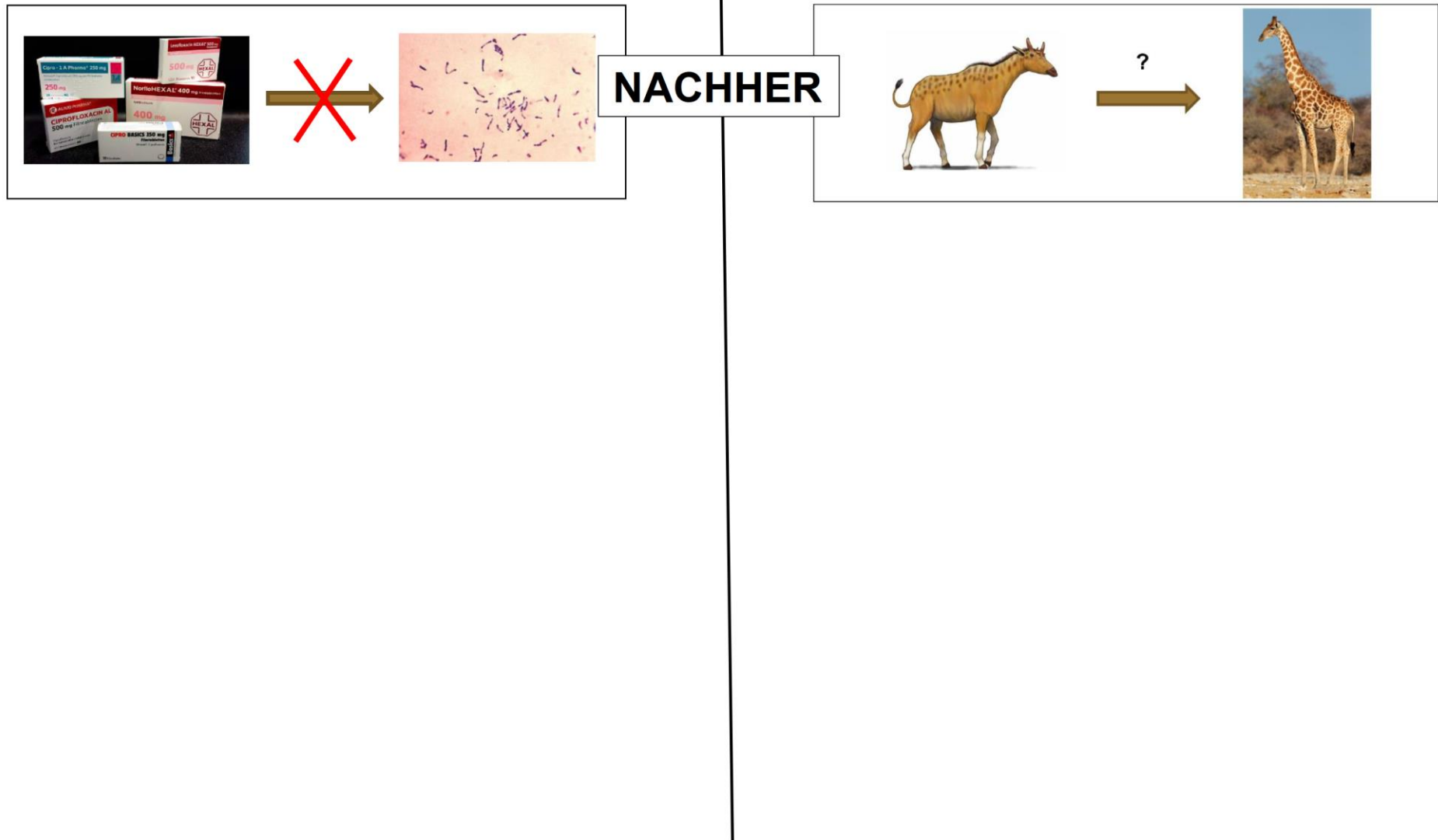
Es gibt aber Tiere, die uns noch viel mehr Probleme bereiten: Tiere wie der Grünlaubsänger. Der Grünlaubsänger ist ein kleiner, grünlicher Singvogel, der in einer kreisförmigen Region rund um das Himalaya-Gebirge lebt. Soweit ist nichts Ungewöhnliches an diesem Vogel, für Darren Irwin von der University of California aber schon. Wenn er den Grünlaubsänger von Osten nach Westen verfolgt, verändert

Wenn Irwin den Grünlaubsänger in Zentralsibirien beobachtet, so hat er zwei Arten vor sich, überall sonst nur eine. «Dies ist ein Widerspruch, denn die zwei nebeneinander existierenden Formen des Singvogels können gleichzeitig als zwei Arten und als eine einzige Art bezeichnet werden», so Irwin.

Wenn wir zudem in Betracht ziehen, dass sich die häufigsten Lebewesen der Welt, die Bakterien, gar nicht sexuell fortpflanzen und wir sie folglich gar nicht klar in Arten aufteilen können, dann stellt sich sehr ernsthaft die Frage, ob es überhaupt Arten gibt.

Das Problem mit den Arten

Die Einteilung der Lebewesen in Arten gelingt Biologinnen und Biologen nur schlecht. Viele Übergänge zwischen vermuteten Arten sind fließend.



Anhang 1.3: Aufbereitung der philosophischen Gespräche

Philosophische Gespräche zur Evolution

Auf den folgenden Seiten findest du Hintergrundinformationen zu den jeweiligen philosophischen Gesprächen sowie mögliche Hebammenfragen.

Es ist wichtig, dass du im ersten Gespräch mit den Schülerinnen und Schülern kurz anschaust, um was es beim Philosophieren geht und was dabei wichtig ist. Grundsätzlich geht es darum, gemeinsam einer Frage nachzugehen, auf die es **keine eindeutige Antwort** gibt. Durch das genaue Wahrnehmen, das gemeinsame Nachdenken und die unterschiedlichen Beiträge sollen am Schluss jedoch alle eine differenziertere Sicht auf die Frage haben. Wichtig dabei ist, dass Schülerinnen und Schüler ihre Meinungen immer **begründen** und allenfalls Beispiele nennen. Die Aussagen sollen **widerspruchsfrei** und **logisch** sein. Zudem sollen die Jugendlichen **Bezug** auf die Beiträge ihrer Kolleginnen und Kollegen **nehmen**. Natürlich dürfen und sollen sie sich auch gegenseitig Fragen stellen. Dabei hören sie sich aufmerksam zu und machen sich nicht lustig über Äusserungen von Kolleginnen oder Kollegen.

Es ist nicht das Ziel, dass du den Schülerinnen und Schülern durch das Gespräch etwas vermittelst. Du musst also nicht dafür sorgen, dass die Hintergrundinformationen im Gespräch erwähnt werden. Die Schülerinnen und Schüler merken sehr schnell, wenn du etwas Bestimmtes hören oder erreichen möchtest. Dennoch musst du dir natürlich schon einige Gedanken zur Frage gemacht haben, so dass du merkst, wo ein Nachfragen spannend und wichtig ist.

Die Hebammenfragen sollen für dich eine Hilfe darstellen. Diese müssen weder in einer bestimmten Reihenfolge noch vollständig im Gespräch gestellt werden. Es sind lediglich mögliche Fragen, auf die du zurückgreifen kannst. Grundsätzlich versuchst du, die Ideen und Gedanken der Schülerinnen und Schüler weiterzuverfolgen und wählst dementsprechend passende Fragen aus. Du hältst dich dabei mit deiner eigenen Meinung zurück und bringst neue Perspektiven, Gedanken oder Beispiele ein, wenn dies notwendig ist und zu einer inhaltlichen Vertiefung beiträgt. Deine Aufgabe besteht darin, den Fokus auf die eigentliche Fragestellung im Gespräch beizubehalten.

Unabhängig von den spezifischen Hebammenfragen ist es wichtig, dass du durch gezielte Fragen und Gesprächsimpulse dafür sorgst, dass:

- **Begriffe und Situationen genauer beschrieben werden:**
*Was meinst du damit? Kannst du das genauer erklären?
Was verstehst du unter diesem Begriff? In welchen Situationen verwendest du ihn?
Kannst du ein Beispiel nennen?
Kannst du erklären, wie Person x das gemeint hat?*
- **Begründungen und Beispiele formuliert werden:**
*Kannst du einen Grund dafür nennen? Wieso bist du dieser Meinung?
Gibt es ein Beispiel/ein Gegenbeispiel dafür?
Ist das ein guter Grund? Ist das immer so? Gilt das für alle Fälle?
Gibt es Gründe, die dagegensprechen?*
- **Zusammenhänge hergestellt und Unterschiede und Gemeinsamkeiten herausgeschält werden:**
*Wie passen diese Aussagen zusammen? Was ist bei den Aussagen ähnlich? Was ist unterschiedlich? Was wäre das Gegenteil?
Was bedeutet das für unsere Frage? Welchen Schluss würdest du daraus ziehen?
Was ist der Unterschied zwischen x und y? Was haben x und y gemeinsam?
Ist das immer so? In welchen Situationen ist dies so?*

- **Folgen abgeschätzt, Alternativen gesucht und Spekulationen geäußert werden:**
Was wäre, wenn ...? Was könnte man machen, damit ...?
Was würde passieren, wenn ...?
Gibt es auch andere Möglichkeiten? Hat jemand eine andere Idee?
- **die wichtigsten Gedanken immer wieder (und besonders am Ende) zusammengefasst werden:**
Was waren die verschiedenen Sichtweisen? Was haben wir bisher herausgefunden?
Kann jemand zusammenfassen, was gesagt wurde?
Ihr seid euch also einig, dass ...
Manche von euch sind der Meinung, dass ... und andere finden ...
Was ist noch offen?
- **das Miteinander des Gesprächs angeregt wird:**
Könnt ihr x zustimmen? Warum ja, warum nein?
Haben alle verstanden, was y gesagt hat? Könnt ihr wiederholen, was x gemeint hat?
Möchte jemand etwas zu dieser Frage/Äußerung ergänzen? Hat jemand etwas Ähnliches oder ganz anderes gedacht? Was meinen die anderen dazu?
Wer ist damit einverstanden, wer nicht?
Wie passt das, was du gesagt hast, zu dem, was y gesagt hat?

Wenn deine Klasse und du das erste Mal philosophieren, klappt dies natürlich nicht auf Anhieb perfekt! Mach dir deswegen keine Gedanken – Übung macht den Meister 😊!

Macht die Evolutionstheorie den Glauben an Gott und Religionen überflüssig?

Worum geht es?

Sowohl manche NaturwissenschaftlerInnen als auch religiöse Personen konstruieren einen Widerspruch zwischen Evolutionstheorie und Glaube/der Existenz Gottes. Dem Gespräch sowie der ganzen Unterrichtseinheit liegt die Idee zugrunde, dass Religion und Naturwissenschaft sich nicht widersprechen, sondern unterschiedliche Funktionen wahrnehmen, unterschiedliche Fragen beantworten und dazu auch unterschiedliche Methoden verwenden.

Im Gespräch soll darüber nachgedacht werden, welche Funktion die Religion und die Naturwissenschaft in unserem Leben wahrnehmen können und welche Methoden sie zur Erkenntnisgewinnung verwenden. Es wird auch die Frage nach dem Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion aufgeworfen.

Hintergrund:

Wie Religion und Naturwissenschaft zueinanderstehen wird teilweise kontrovers diskutiert. Gemäss Yasri und Mancy (2014) existieren vier Möglichkeiten, wie Religion und Naturwissenschaft in Beziehung gesetzt werden können. Konflikt (conflict), Kontrast (contrast), Ergänzung (complement) und Verschmelzung (coalescence). Im ersten Fall sind Religion und Wissenschaft im Konflikt und stehen sich unvereinbar mit gegensätzlichen Antworten gegenüber. Die zweite Position, Kontrast, betrachtet Religion und Naturwissenschaft als klar abgrenzbare Domänen, welche unterschiedliche Fragen beantworten und sich dazu unterschiedlicher Methoden bedienen - folglich existiert kein Konflikt. In der dritten Position, Ergänzung, sind beide Bereiche komplementär und beschreiben dieselbe Wirklichkeit. Beide sind notwendig, um die Welt zu erfassen und ein profunderes Verständnis zu erhalten. Die letzte Position, Vereinigung, versucht, religiöse und wissenschaftliche Erklärungen zusammenzuführen. Religiöse Behauptungen werden durch die Wissenschaft begründet und umgekehrt, da keine eindeutige Trennung existiert.

Manche NaturwissenschaftlerInnen vertreten die Ansicht, dass die Naturwissenschaft Religion überflüssig macht oder sie sogar widerlegt (z.B. Richard Dawkins). Diese Sichtweise respektiert die Grenzen der Naturwissenschaften nicht, welche sich nicht mit übernatürlichen Phänomenen beschäftigt. Im Unterricht führt sie zudem zu einer Verhärtung der Fronten. Es ist deshalb zielführender, Religion und Naturwissenschaft als zwei sich nicht widersprechende Domänen zu präsentieren (Kontrast oder Ergänzung), wie dies auch im Lehrplan 21 betont wird. In diesem Sinne beschäftigen sich beide mit unterschiedlichen Aspekten der Welt und verwenden dazu eigenständige Methoden. Die Naturwissenschaft möchte mit festgelegten Methoden Erkenntnisse über die natürliche Welt in Erfahrung bringen. Die Religion hingegen beschäftigt sich mit Fragen zu Sinn und Moral. Sie geht dabei nicht in derselben Weise systematisch vor. Religiöses Wissen kann daher eher als subjektiv, naturwissenschaftliches als objektiv oder intersubjektiv beschrieben werden, da es von jeder beliebigen Person (zumindest theoretisch) nachvollzogen werden kann. Diese Unterscheidung zeigt sich auch in den Verben «wissen» und «glauben», die klar getrennt werden sollen. Es soll deshalb auch darauf geachtet werden, dass nicht von einem «Glaube» an die Evolutionstheorie gesprochen wird. Wenn die SuS diese Kombination verwenden, kann gezielt auf die Unterschiede von «wissen» und «glauben» eingegangen werden.

Vereinfachend werden einige spezifische Aspekte in der Tabelle dargestellt:

Naturwissenschaft	Religion
<ul style="list-style-type: none"> • möchte die natürliche Welt untersuchen und beschreiben • arbeitet induktiv: Aus Beobachtungen und Experimenten usw. werden Schlüsse gezogen • Es gibt festgelegte Methoden, welche für die Erkenntnisgewinnung wichtig sind • Naturwissenschaftliche Aussagen müssen widerlegt werden können <ul style="list-style-type: none"> ➢ Wunder können nicht als Erklärung verwendet werden • Naturwissenschaftliche Erklärungen sind objektiv oder intersubjektiv und können von jeder Person nachvollzogen und überprüft werden • Aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen lassen sich keine klaren moralischen Werte und Handlungsanweisungen ableiten • macht keine Aussagen zu Sinnfragen 	<ul style="list-style-type: none"> • beschäftigt sich mit übernatürlichen Phänomenen • deduktives Vorgehen: Göttliche Offenbarung und Schöpfung bilden die Ausgangslage • Religiöse Erkenntnis kann sehr unterschiedlich und individuell zustande kommen und richtet sich nicht nach einem bestimmten, systematischen Vorgehen • Religiöse Aussagen können nicht widerlegt werden, da sie sich auf Übernatürliches beziehen <ul style="list-style-type: none"> ➢ Wunder sind legitime Erklärungen • Religiöse Aussagen sind subjektiv, da sie sich auf individuelle Erfahrungen stützen, welche nicht von allen Personen nachvollzogen werden können • beschäftigt sich mit Fragen des guten Lebens und der Moral und äussert sich dazu • beschäftigt sich mit Sinnfragen

Das Wissen über die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung sowie deren Unterscheidung von nicht naturwissenschaftlichen Erkenntnissen ist eine geforderte Kompetenz im dritten Zyklus im Lehrplan 21 (EDK, 2016):

NT.1.1d

Die Schülerinnen und Schüler ...

- können generalisieren, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung abläuft, welchen Prinzipien sie unterliegt und diese nicht naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung gegenüberstellen. (*Prinzipien der Naturwissenschaften: grundsätzliche Verstehbarkeit der Welt, Einfachheit der Lösung, Objektivität und Reproduzierbarkeit, Beständigkeit und Vorläufigkeit, Grenzen der Erkenntnisse*)

ERG.4.5b

Die Schülerinnen und Schüler ...

- können wissenschaftliches Fragen, Forschen und Erklären von Lebensweisheit, religiöser Tradition und Überzeugung abgrenzen. (*Wissen und Glauben, Weisheit*)

Hebammenfragen:

Eisbrecher/Stimulus

- *Zuerst wird die übergeordnete Frage visualisiert. Die LP legt das Bild von Martin Nowak in die Mitte des Kreises. Sie erklärt, dass dieser ein bekannter Evolutionsbiologe ist, der an der berühmten Harvard Universität forscht. Anschliessend legt die LP ein Zitat dazu und lässt diese durchlesen. Die LP erläutert, dass Nowak Naturwissenschaftler ist und gleichzeitig religiös/an Gott glaubt. Dazu können nun die beiden Begriffe Religion/Glaube und Naturwissenschaft ebenfalls visualisiert werden.*
- Was denkt ihr – kann man die Evolutionstheorie für wahr halten und NaturwissenschaftlerIn sein und gleichzeitig an Gott glauben? Wieso ja, wieso nein? Wie geht das?

Sachverhalte beschreiben und Begriffe klären / Unterschiede und Ähnlichkeiten herausarbeiten

- Wie würdest du den Unterschied zwischen Glaube/Religion und Naturwissenschaft beschreiben?
- Welche Fragen kann die Naturwissenschaft beantworten/nicht beantworten? Welche Fragen kann der Glaube/die Religion beantworten/nicht beantworten? Kann man diese Fragen irgendwie einordnen? Was sind Unterschiede zwischen den Fragen?
- Kann man beweisen, dass es Gott gibt/nicht gibt? (Kann die Naturwissenschaft etwas dazu sagen, was nach dem Tod passiert? Kann die Naturwissenschaft beantworten, warum wir auf der Welt sind?)
- Wie müsste eine Person arbeiten, damit du ihn oder sie als Naturwissenschaftler oder Naturwissenschaftlerin bezeichnen würdest? Religion und Naturwissenschaft versuchen beide auf ihre eigene Art und Weise die Welt besser zu verstehen: Wie würdest du den Unterschied in der Vorgehensweise beschreiben?
- Was ist das Ziel der Naturwissenschaft? Was ist das Ziel der Religion? Manche Leute sagen, die Religion oder der Glaube kann dem Leben einen Sinn geben – was meint ihr dazu? Manche Leute sagen, die Religion sei dazu da, uns zu zeigen, wie wir gut und gerecht leben können – was meint ihr dazu? Kann das die Naturwissenschaft auch?
- Wie unterscheidet sich naturwissenschaftliches Wissen von religiösem Glauben? Wieso ist es sinnvoll zu sagen, dass ich an Gott glaube aber nicht, dass ich an die Evolutionstheorie glaube? Würde man sagen, dass man an die Schwerkraft glaubt?

Meinungen begründen und Werthaltungen reflektieren

- Macht die Evolutionstheorie den Glauben an Gott oder Religionen überflüssig? Brauchen wir die Religion oder Gott noch, wenn wir die Naturwissenschaft haben?
- Kann die Evolutionstheorie oder die Naturwissenschaft alle Fragen beantworten? Welche kann sie beantworten, welche nicht?
- Muss ich mich entweder für den Glauben an Gott oder die Evolutionstheorie entscheiden? Muss ich zwischen Glaube/Religion und Naturwissenschaft wählen?
- Kann man NaturwissenschaftlerIn UND religiös sein? Wieso ja, wieso nein?

Hypothesen erstellen und Folgen überlegen (Gedankenexperimente)

- Würde uns etwas fehlen, wenn es die Evolutionstheorie nicht gäbe? Was wäre, wenn es keine Naturwissenschaft gäbe? Wie sähe unser Leben aus?
- Was würde uns fehlen, wenn es keinen Glauben / keine Religion gäbe?

Können wir uns auf die Naturwissenschaft verlassen?

Worum geht es?

Nachdem die Unterschiede von Naturwissenschaft und Religion im ersten Gespräch thematisiert wurden, soll nun die Sicherheit/Verlässlichkeit und Herkunft des naturwissenschaftlichen Wissens genauer betrachtet werden. Dabei spielt der Begriff der Theorie eine wichtige Rolle. Es geht um die Frage, ob naturwissenschaftliche Erkenntnisse absolut wahr und unveränderlich sind. Zugleich wird noch einmal angesprochen, was naturwissenschaftliches Wissen von Alltagswissen oder Glaube unterscheidet.

Hintergrund:

Im Unterricht werden naturwissenschaftliche Erkenntnisse häufig als wahr und unveränderlich präsentiert. Dies führt zu falschen Vorstellungen über naturwissenschaftliches Wissen und naturwissenschaftliche Theorien. Diese sind nämlich durchaus veränderbar und können auch ergänzt, angepasst oder widerlegt werden. Zugleich besteht in vielen Fragen keine völlige Einigkeit zwischen NaturwissenschaftlerInnen. Vielmehr finden kontroverse Diskussionen statt. Auch wenn naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Theorien nicht absolut wahr sind, sind sie dennoch wertvoll und nicht relativ. Naturwissenschaftliche Erkenntnis kommt nämlich durch ein bestimmtes Vorgehen zustande und stellt darum eine andere Art von Wissen dar als beispielsweise Glaube oder eine Alltagstheorie (siehe Tabelle erstes Gespräch). Das Wissen in der Naturwissenschaft ist also nicht sicher, aber eben das objektiv sicherste Wissen, welches es zu einer bestimmten Zeit geben kann.

Auch dieses Gespräch bezieht sich auf die bereits erwähnten Kompetenzen des Lehrplans 21. Der Fokus liegt nun aber auf der Frage nach der Beständigkeit und Vorläufigkeit von naturwissenschaftlichen Theorien. (EDK, 2016)

NT.1.1a/d

Die Schülerinnen und Schüler ...

- können generalisieren, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung abläuft, welchen Prinzipien sie unterliegt und diese nicht naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung gegenüberstellen. (*Prinzipien der Naturwissenschaften: grundsätzliche Verstehbarkeit der Welt, Einfachheit der Lösung, Objektivität und Reproduzierbarkeit, Beständigkeit und Vorläufigkeit, Grenzen der Erkenntnisse*)

Hebammenfragen:**Eisbrecher/Stimulus**

- *Zuerst wird die übergeordnete Frage visualisiert. Die LP legt anschliessend die zu Beginn der Lektion gezeigten Folien in die Mitte (Darwin, Lamarck und Nowak).*
- Ihr habt gesehen, dass es in der Geschichte unterschiedliche Theorien für die Entwicklung von Arten gab. Wie kann man nun entscheiden, welche Theorie glaubwürdiger und überzeugender ist?

Sachverhalte beschreiben und Begriffe klären / Unterschiede und Ähnlichkeiten herausarbeiten

- Wir reden immer von der Evolutionstheorie: Was ist für euch eine Theorie? Was ist denn eine naturwissenschaftliche Theorie? Was verstehen wir im Alltag unter Theorie («Ich habe eine Theorie»)? Welche Unterschiede gibt es?
- Wie muss eine Naturwissenschaftlerin oder ein Naturwissenschaftler arbeiten/vorgehen, damit du ihre oder seine Theorie oder Erklärung glaubwürdig und überzeugend findest?
- Wie unterscheidet sich eine naturwissenschaftliche Erklärung oder Theorie von religiösen Erklärungen?
- Wann ist für dich eine Theorie eine gute oder eine schlechte Theorie? Wann ist naturwissenschaftliches Wissen für dich verlässlich oder eben nicht verlässlich? Wie unterscheiden sich gute und schlechte Theorien?
- Wieso können sich Theorien verändern und weiterentwickeln? Warum verändert sich das naturwissenschaftliche Wissen überhaupt?

Meinungen begründen und Werthaltungen reflektieren

- Würdet ihr sagen, die Evolutionstheorie ist sicher und verlässlich, auch wenn sie sich über die Jahre verändert hat und noch Fragen offen sind? Warum ist sie verlässlich? Warum nicht?
- Wann ist für euch naturwissenschaftliches Wissen verlässlich? Wann überzeugt euch eine naturwissenschaftliche Theorie?
- Müssen alle Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler immer die gleiche Meinung haben? Wieso ja, wieso nein?
- Wie sicher und verlässlich schätzt du das Wissen der Naturwissenschaft ein? Sind naturwissenschaftliche Theorien immer wahr und unveränderlich? Kann sich die Evolutionstheorie noch weiterentwickeln? Warum ja, warum nein?
- Ist das (natur-)wissenschaftliche Wissen das sicherste und verlässlichste Wissen oder gibt es noch ein sichereres?
- Können wir uns auf die Naturwissenschaften verlassen?

Hypothesen erstellen und Folgen überlegen (Gedankenexperimente)

- Was wäre, wenn jemand einen Fehler in der Evolutionstheorie finden würde? Wäre dann die ganze Evolutionstheorie falsch?
- Wenn jemand eine neue Theorie zur Entwicklung der Lebewesen vorschlagen würde – was bräuchte es, damit sie uns mehr überzeugt als die bisherige?

Was unterscheidet Mensch und Tier?

Worum geht es?

Die Evolutionstheorie lässt unweigerlich die Frage nach dem Selbstverständnis des Menschen aufkommen. Sind Menschen auch Tiere? Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede existieren? Für die Bearbeitung dieser Frage erweist sich das erarbeitete naturwissenschaftliche Wissen als hilfreich. Zugleich wird deutlich, dass auch andere Perspektiven, zum Beispiel die religiöse, etwas zur Beantwortung dieser Frage beitragen können.

Hintergrund:

Die Frage, in welcher Art und Weise Menschen sich von Tieren unterscheiden oder eben nicht, beschäftigt Philosophen seit mehr als 2000 Jahren. Aus evolutionärer Sicht ist der Mensch ein zufällig entstandener Primat, der sich wie jedes andere Tier im Laufe der Zeit entwickelt hat. Dennoch werden immer wieder Eigenschaften benannt, welche uns von Tieren unterscheiden. Dazu gehören beispielsweise die Fähigkeit zur Sprache, zur Kooperation, zum Werkzeuggebrauch, zu vernünftigem Denken oder der Sinn für Moral. Nach Suddendorf (2014) sind es vor allem zwei Eigenschaften, die unseren nächsten Verwandten fehlen: Der Mensch kann sich Gedanken zur Zukunft machen, er kann die Vergangenheit reflektieren, er kann Verhalten moralisch beurteilen und er kann sich Geschichten ausdenken. Dabei ist er nicht an reale Begebenheiten gebunden, er kann mit seinem Geist frei jegliches Szenario erdenken und ergründen. Zudem hat der Mensch das tiefe Bedürfnis nach Austausch, welches er mit einer offenen Sprache stillen kann.

Nun finden sich jedoch im Tierreich immer wieder Arten, welche diese Fähigkeiten zumindest teilweise auch zu besitzen scheinen. Dies ist der Grund, wieso manche davon ausgehen, dass sich Mensch und Tier nicht grundsätzlich, sondern lediglich graduell unterscheiden (Tier-Mensch-Kontinuum). Betrachtet man die Welt, scheint dennoch eine grosse Kluft zwischen Menschen und Tieren zu bestehen. Manche Forscherinnen und Forscher vermuten, dass sich die vielen kleinen Unterschiede addieren und gegenseitig verstärken. Der Mensch durchläuft so – im Gegensatz zu Tieren – auch eine kulturelle Evolution. Menschen geben ihre Erfahrungen und ihr Wissen weiter. Auf dieses wird aufgebaut, so dass das menschliche Wissen insgesamt immer mehr zunimmt.

Neben dieser (natur-)wissenschaftlichen Sichtweise existieren auch andere Perspektiven zu dieser Frage. Aus religiöser Perspektive könnte dem Menschen beispielsweise durch Gott selbst eine besondere Bedeutung zukommen. So existiert die Sichtweise, dass nur Menschen eine Seele besitzen. Es ist spannend, die Frage nach den unterschiedlichen Perspektiven von Naturwissenschaft und Religion im Gespräch aufzuwerfen.

Interessant ist auch die Frage, welche Konsequenzen aus einem bestimmten Verständnis abgeleitet werden können. Diese Frage kann mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen allein nicht beantwortet werden.

Hebammenfragen:

Eisbrecher/Stimulus

- Die LP visualisiert die philosophische Frage. Danach legt sie das Bild der Gorilla-Dame Koko und der Tierpsychologin Francine Patterson in die Mitte. Sie erläutert, dass Patterson Koko ab dem zweiten Lebensjahr bis im Alter von 46 Jahren, als sie starb, 1000 Wörter in Zeichensprache beibrachte. Patterson hatte eine emotionale Bindung zu Koko und verglich ihre Beziehung mit einer Beziehung von Mutter und Kind.
- Hast du schon einmal eine Situation mit einem Tier erlebt, in welcher du gedacht hast, es sei einem Menschen (sehr) ähnlich? Erzähle kurz davon.
- Wer von euch hat Haustiere oder welche gehabt? Hatten diese Ähnlichkeiten mit dir oder anderen Menschen? Wie würdest du die Beziehung beschreiben?

Sachverhalte beschreiben und Begriffe klären, Unterschiede und Ähnlichkeiten herausarbeiten

- Welche Gemeinsamkeiten gibt es zwischen Tieren und Menschen? Was ist ähnlich?
- Gibt es Tiere, die Menschen ähnlicher sind als andere? Welche? Warum?
- Können Tiere das gleiche wie Menschen? Was können Menschen besser/schlechter? (Fühlen Tiere (Schmerz)? Können Tiere miteinander reden? Denken Tiere? Können Tiere Gutes tun? Können Tiere über ihr Leben nachdenken? Können Tiere ihr Leben planen? Gilt dies für alle Tiere?)
- Woran erkennst du, dass etwas ein Tier ist? (Wie unterscheiden sich Tiere von anderen Lebewesen, zum Beispiel Pflanzen?)
- Welche Unterschiede gibt es zwischen Menschen und Tieren? Was ist der wichtigste Unterschied?
- Wenn wir die Welt anschauen, zeigt sich ein gewisser Unterschied. Der Mensch hat sich stark ausgebreitet und könnte viele Tiere ausrotten. Wieso ist dies so? Was macht den Menschen so erfolgreich?

Meinungen begründen und Werthaltungen reflektieren

- Ist der Mensch ein Tier? Was spricht dafür oder dagegen, dass der Mensch ein Tier oder zumindest ein «spezielles» Tier ist?
- Ist der Mensch etwas ganz anderes als ein Tier oder kann er nur bestimmte Dinge ein bisschen besser?
- Ist der Mensch das höchste Lebewesen? Welche Lebewesen wären dann am zweit- und dritthöchsten usw.? Gibt es eine Abstufung? Oder gibt es einen klaren Unterschied?
- Sind Menschen mehr wert als Tiere?
- Sind manche Tiere mehr wert als andere? Welche? Warum? Gibt es Kriterien, nach welchen wir dies beurteilen können?
- Was kann uns die Naturwissenschaft/die Evolutionstheorie zu dieser Frage sagen? Was kann uns die Religion sagen?

Hypothesen erstellen und Folgen überlegen (Gedankenexperimente)

- Angenommen der Mensch ist ein Tier: Was hätte das für Konsequenzen für das Zusammenleben? (Müssen wir dann anders mit Tieren umgehen? Müssten Tiere mehr Rechte bekommen? Welche Rechte müssten sie bekommen? Darf man sie dann nicht mehr töten oder essen? Darf man Tierversuche machen? Gilt dies für alle Tiere?)
- Stell dir folgende Situation vor: Ein Mensch und ein Hund ertrinken im Fluss. Wen würdest du zuerst retten? Warum?

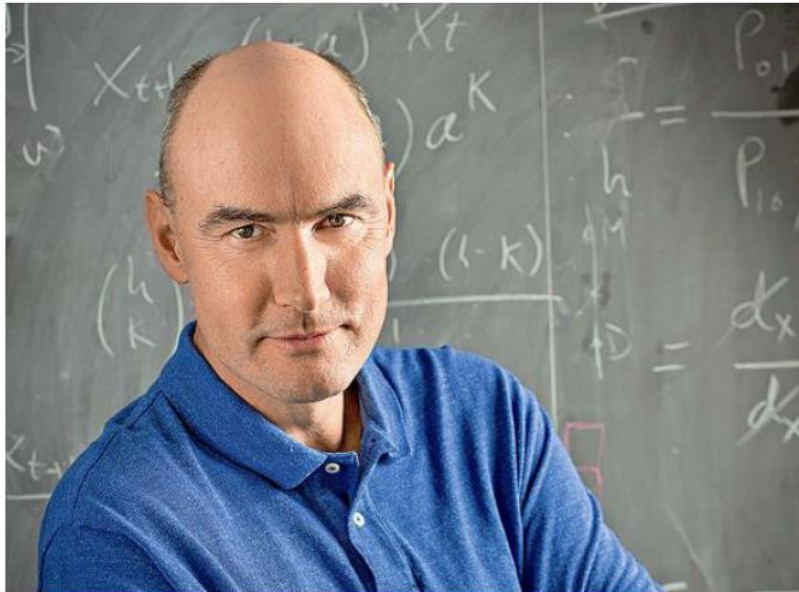
- Stell dir folgende Situation vor: Ein Hund und eine Maus ertrinken in einem See. Wen würdest du retten? Warum?

Literatur

D-EDK Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz: Lehrplan 21, Luzern 2016.

Suddendorf, Thomas. (2014). *Der Unterschied: Was den Mensch zum Menschen macht.* (Deutsche Übersetzung von Gockel, G., Jendricke, B., Steckhan, B.). Berlin: Berlin Verlag.

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.

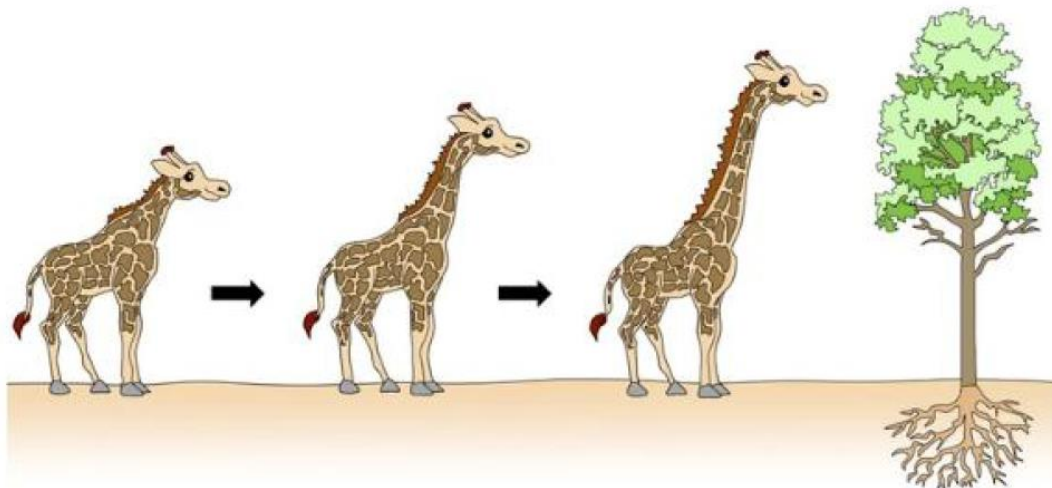


«Die Evolution beschreibt die Entstehung und Entwicklung des Lebens auf diesem Planeten und vermutlich überall im Universum. Ohne Gott gäbe es kein Universum, keine Biologie, keine Evolution.»

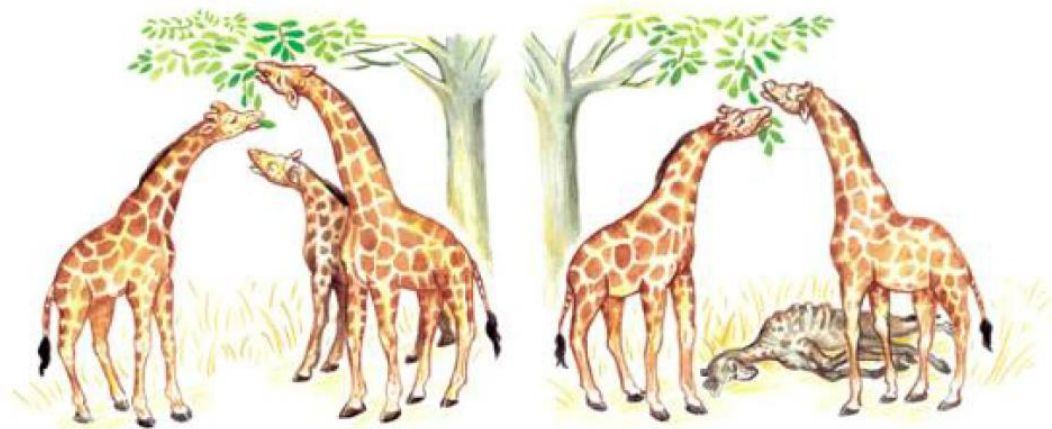
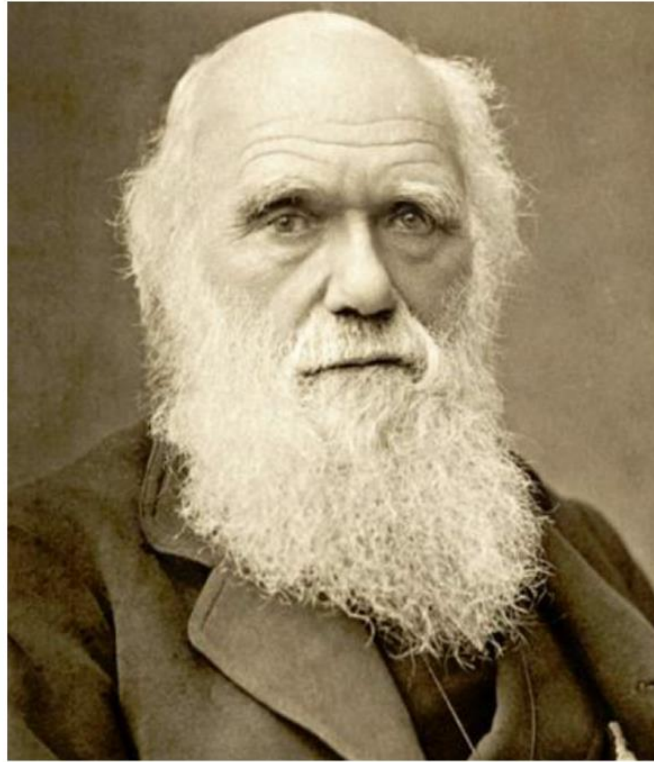
«Es gibt viele Fragen, die Menschen interessieren, die aber nicht Gegenstand der Wissenschaft sind. Woher komme ich, wohin gehe ich? Was ist der Sinn meines Lebens? Was beeinflusst die doch sehr zufällige Bahn meines Lebens und die Menschen, die ich treffe, oder die Menschen, die eine Zeit lang mit mir gehen? Warum gibt es mich? Warum gibt es überhaupt etwas? Wissenschaft kann zur Religion ergänzende Fragen beantworten. Zum Beispiel: Gott hat die Welt erschaffen, was ist das Ergebnis? Welche Gesetzmäßigkeiten hat das so erschaffene Leben? Wissenschaft hilft, gewisse Gesetzmäßigkeiten der Welt zu verstehen. Sie liefert aber keine Erklärungen für Sinn und Ziel. Das kann nur Religion.»

«Die Menschen werden irgendwann erkennen, dass sowohl die Religion als auch die Wissenschaft sehr wichtige Bausteine sind für die Suche nach der Wahrheit. Es gibt keinen Grund für das eine, das andere auszuschließen. Das Beste ist eine schöne Zusammenarbeit. Eine Kooperation.»

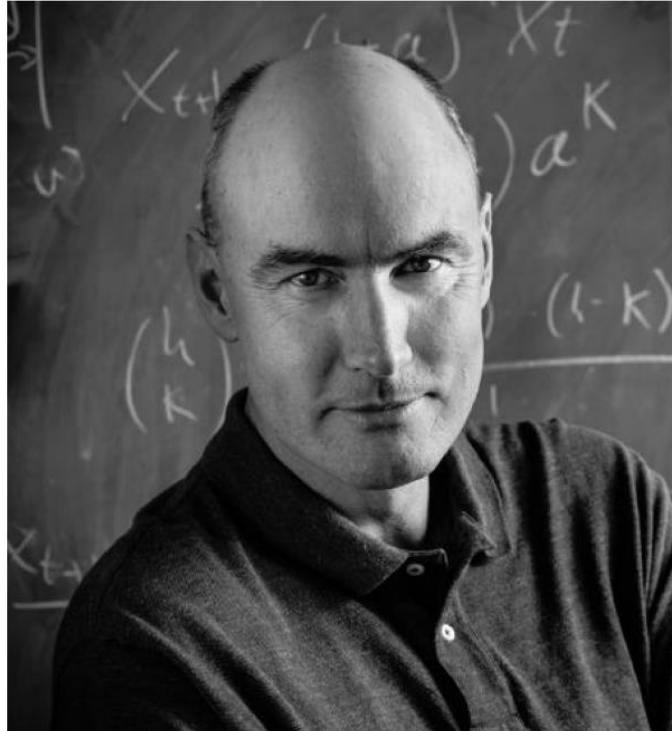
Jean-Baptiste de Lamarck



Charles Darwin



Martin Nowak



ZEIT Wissen: Was beschäftigt Sie noch?

Nowak: Die Frage, warum die Evolution überhaupt kreativ ist. Das Leben auf der Erde ist ja schrittweise komplizierter geworden. Vor drei Milliarden Jahren war die Erde noch ein Planet von Bakterien, das hätte auch so bleiben können. Bisher kann niemand eine Rechnung anstellen, wie wahrscheinlich es ist, dass die Evolution eine bestimmte Richtung einschlägt, so wie Physiker ermitteln können, wie das Weltall in ein paar Milliarden Jahren aussieht.



Anhang 1.4: Material Kontrollgruppe mit Lösungen

Lies das Interview mit dem Biobauer Marcel Schmid (ohne Box). Er spricht über die Pflanzenkrankheit Feuerbrand, welche beispielsweise Apfelbäume befallen kann.

Die Evolutionstheorie im Alltag – kaum mehr wegzudenken



Reife Äpfel am Baum



Marcel Schmid führt mit seiner Frau Iris und Sohn Tim einen kleinen Biobetrieb am Napf.

Evolution-verstehen-Magazin: Herr Schmid, können Sie überhaupt noch Äpfel ernten? Oder zerstört Ihnen der Feuerbrand alle Obstbäume?

Marcel Schmid: Wir können noch genügend Äpfel ernten. Bei uns haben die Feuerbrandbakterien nicht ganze Bäume befallen, sondern nur einzelne Äste. Und es sind auch nicht alle Obstbäume betroffen. Trotzdem mussten wir vor einem Jahr zwei alte Apfelbäume fällen und sie durch zwei Sorten ersetzen, die angeblich nicht von Feuerbrand befallen werden.

Sie zweifeln daran, dass die neu gesetzten Obstbäume der Krankheit widerstehen können?

Es kann durchaus sein, dass meine beiden neuen Bäume dem gefürchteten Feuerbrand widerstehen. Aber es ist genauso denkbar, dass diese Bäume in den kommenden Jahrzehnten vom Feuerbrand befallen werden. Der Grund ist ein einfacher: Er heisst Evolution. Die krankmachenden Bakterien verändern sich dauernd. Jene, die sich zufällig an die neuen Apfelsorten

anpassen, werden sich vielleicht durchsetzen. Es ist vermutlich nur eine Frage der Zeit, bis auch die widerstandsfähigen Bäume vom Feuerbrand befallen sind. Es kann also nicht die Lösung sein, alle alten Bäume zu fällen und durch neue Sorten zu ersetzen. Besonders heikel wäre es, wenn wir nur noch auf einige wenige Sorten setzen würden.

Dann unterstützen Sie also, dass man seit jüngster Zeit auch in der Schweiz den Feuerbrand mit dem Antibiotikum Streptomycin bekämpfen darf?

Als Biobauer kommt dies für mich gar nicht in Frage. Sonst wäre ich ja kein Biobauer mehr. Ich zweifle aber auch grundsätzlich daran, ob es sinnvoll ist, die Feuerbrandbakterien mit Streptomycin zu bekämpfen.

Aber die vielen Erfolge geben der Methode doch Recht.

Kurzfristig, ja. Aber wie sieht es in einigen Jahren aus? Das Medikament

«Besteht noch Hoffnung für die Apfel-, Birnen- und Quittenbäume?»

wirkt schon jetzt nicht immer. Einzelne Bakterien haben eine zufällige Mutation, die sie resistent gegen das Antibiotikum machen. Diese wenigen resistenten Bakterien werden nun ganz bestimmt auch in der Schweiz zunehmen. Die Landwirtschaft der USA hat damit Erfahrung. Die US-Bauern dürfen schon seit rund 50 Jahren die Feuerbrandbakterien mit Streptomycin bekämpfen. Nach kurzfristigen Erfolgen haben sich inzwischen in vielen Regionen resistente Bakterienstämme entwickelt. Das ist nun so dramatisch, dass die US-Bauern gebietsweise überhaupt keine Birnen mehr anpflanzen können.

Hat dies auch damit zu tun, dass gewisse Obstanlagen ideale Brutstätten für Feuerbrandbakterien sein können?

Das vermute ich auch. Damit die Apfelernte möglichst einfach verlaufen kann, werden die Bäume möglichst sortenrein und dicht nebeneinander gepflanzt. Feuerbrandbakterien kön-

nen sich unter solchen Bedingungen rasch ausbreiten.

Sind in Obstanlagen, in denen viele verschiedene Apfelbaumsorten stehen, die Bakterien in der Regel weniger krankmachend?

Ja, denn Bakterien und Apfelbäume stehen in einem gegenseitigen Wettrüsten. Die Bakterien greifen an, die Apfelbäume wehren ab. Experten sprechen dann von Co-Evolution. Apfel- oder Birnenbäume in sortenreinen Obstanlagen haben beim Wettrüsten mit den Bakterien schlechtere Karten. Alle Bäume sind hier gleich anfällig auf die Feuerbrand-Bakterien. Wir züchten also geradezu die stark krankmachenden Feuerbrandbakterien. Inzwischen hat der Feuerbrand sogar schon vereinzelt auf Kirschbäume übergreifen, obwohl noch bis vor wenigen Jahren nur das Kernobst betroffen war.

Gibt es also keine Hoffnung für Äpfel und Birnen?

Doch, doch, die gibt es. Wir müssen uns nur wieder an der Natur orientieren: Mehr verschiedene widerstandsfähige Sorten, mehr Hochstammobstgärten, und wenn überhaupt, dann nur im Notfall Antibiotika.

Das würde heissen, wir müssten von der Co-Evolution der Bakterien mit den Obstbäumen lernen, statt versuchen die Bakterien auszurotten.

So sehe ich das auch. Im Moment tun wir aber so, als gäbe es die Evolution nicht und handeln uns damit nur Probleme ein.



Einen Kaffee zum Morgenessen, damit die Müdigkeit verschwindet. Einen Energy-Drink mit Koffein, damit die Energie am

Abend länger anhält. Vor beiden Getränken warnen besorgte Mütter ihre Kinder. Sie haben Recht und trotzdem Unrecht. Und dies gilt nicht nur für Kaffee, sondern für viele andere Lebensmittel auch.

Die Angaben darüber, ob bestimmte Nahrungsmittel oder Lebensweisen der Gesundheit nützen oder schaden, sind oft widersprüchlich. Schadet regelmässiger Konsum von Kaffee oder Energy-Drinks unserer Gesundheit? Führt das darin enthaltene Koffein zu Herzinfarkt und Bluthochdruck? Auf beide Fragen können die Forscherinnen und Forscher keine allgemein gültige Antwort geben. Es kommt schlicht darauf an, welchen Evolutionsweg unsere Vorfahren durchlaufen haben.

Gewisse Menschen besitzen eine Variante eines Enzyms (spezielles Protein), das Koffein schnell abbaut. Andere Menschen haben eine andere Variante des Enzyms. Bei ihnen verläuft der Abbau von Koffein sehr langsam. Bei Menschen mit der Eigenschaft, Koffein schnell abzubauen zu können, schadet der Giftstoff Koffein logischerweise nicht. Ja, bei ihnen wirkt sich Kaffee sogar positiv aus. Die im Kaffee enthaltenen weiteren Substanzen können für die Gesundheit förderlich sein. Bei Menschen, die Koffein nur langsam abbauen, führen 4 Tassen Kaffee (oder 4 Dosen Energy-Drinks) pro Tag zu

einem doppelt so grossen Herzinfarktrisiko.

Was also für die einen gut ist, ist für die andern von uns schlecht. Die Biologie ist offensichtlich viel komplizierter, als lange Zeit angenommen wurde. Wir können zum Beispiel nicht ganz sicher sein, dass ein Medikament, das in der Schweiz getestet und als unbedenklich erkannt wurde, auch für die Menschen in Vietnam unbedenklich ist. Vielleicht ist der Weg der Evolution für den Abbau dieses Medikaments in Vietnam anders verlaufen als in der Schweiz. Wir müssen – sowohl bei der Wirkung von Medikamenten, als auch bei Verträglichkeiten von Nahrungsmitteln – immer mit dem Einfluss der Evolution rechnen.

«Nichts macht Sinn in der Biologie, ausser man betrachtet die Biologie im Licht der Evolution», schrieb der Biologe Theodosius Dobzhansky bereits vor Jahrzehnten.

Und wirklich: die Wissenschaft des Lebens wird erst seit rund 200 Jahren Biologie genannt. Damals umfasste die Biologie aber nur die in dieser Zeit modernen Disziplinen Körperbau (Anatomie), Körperfunktion (Physiologie) und Keimesentwicklung (Embryologie). Ausgeschlossen waren die älteren Disziplinen Bestimmung der Lebewesen (Systematik) und Naturgeschichte. Erst die Evolutionstheorie führte all diese Disziplinen unter dem neu geschaffenen Fach Biologie zusammen und war offen genug, um auch die nachfolgenden Disziplinen aufzunehmen: Ökologie, Genetik, Verhaltensbiologie usw.

Die Biologie, die Wissenschaft des Lebens, ist ohne die Evolutionstheorie nicht verstehbar. Die Evolution ist das verbindende Element aller Teildisziplinen der Biologie.

1. Wieso besteht die Gefahr, dass auch die neuen Apfelbäume von Marcel Schmid vom Feuerbrand befallen werden?

2. Marcel Schmid sagt, dass sich die Bakterien zufällig den neuen Apfelsorten anpassen können. Was meint er damit? Wie passiert diese Anpassung?

3. Gegen Feuerbrand kann man Antibiotikum einsetzen. Dieses kann die Bakterien abtöten. Was ist nach Marcel Schmid das Problem bei Antibiotikum?

4. Was schlägt Marcel Schmid vor, um gegen den Feuerbrand anzugehen?

5. Bestimmt hast du auch schon einmal einen Energydrink oder Kaffee getrunken. Was bewirken diese Getränke bei dir?

6. Lies nun die ersten vier Abschnitte der dunkleren Box.

7. Für manche Menschen ist Koffein schädlicher als für andere. An was liegt dies?

8. Was hat dies mit Evolution zu tun?

9. Besprich deine Antworten mit einer Kollegin oder einem Kollegen. Ergänze oder verbessere.



Evolution verstehen

Video-Tutorial zur Evolution

K2/K3

Bestimmt habt ihr auch schon Erklärvideos auf Youtube angeschaut, wenn ihr etwas nicht verstanden habt oder lernen wolltet.



Ihr erstellt nun ein einfaches Erklärvideo zur Evolution. Dies macht ihr mithilfe eurer gelegten Struktur. Legt ein Plakat oder ein großes Blatt quer auf den Boden. Nach und nach legt ihr Begriffe dazu und erklärt diese. Eine Person filmt dabei mit dem Handy das Plakat. Die folgenden zwei Fotos zeigen, wie so ein Film aussehen könnte. Ihr dürft dabei selbst entscheiden, mit welchem Begriff ihr starten wollt.



Geht folgendermassen vor:

1. **Ablauf festlegen:** Überlegt euch, in welcher Reihenfolge ihr die Kärtchen hinlegen und erklären möchtet. Notiert die Begriffe in der richtigen Reihenfolge in der linken Spalte der Tabelle auf dem Zusatzblatt.
2. **Verbindungen:** Überlegt nun, welche Begriffe ihr mit Pfeilen verbinden möchtet und wann ihr dies tun wollt.
3. **Erklärungen:** Überlegt, welche Erklärungen ihr zum Begriff und der Struktur geben wollt. Notiert diese Erklärungen in Stichworten in der zweiten Spalte.
4. **Beispiele:** Es kann hilfreich sein, wenn ihr konkrete Beispiele zu euren Begriffen und Erklärungen macht (Was heisst Rekombination beim Hasen Jean-Marie oder bei einem Bakterium? Was kann Selektion oder Gendrift konkret bedeuten? → Seitenfleckleguane, Milchzuckerverdauung)
5. **Aufgaben verteilen:** Entscheidet, wer filmen und wer welche Begriffe hinlegen und erklären wird. Alle Personen müssen am Film beteiligt sein.
6. **Üben:** Macht nun einen Probedurchgang. Legt die Struktur nach und nach und gebt die entsprechenden Erklärungen und Beispiele. Vergesst nicht, jeweils die Verbindungen zwischen den Begriffen einzuzeichnen.
7. **Aufnahme:** Jetzt gilt es ernst: Nehmt nun euer Video mit einem Handy auf. Achtet darauf, dass man die Begriffe gut lesen kann.
8. Schickt nun das Video eurer Lehrperson.

Zeit: Ihr habt in dieser Lektion 25 Minuten Zeit. Ihr solltet den Punkt 5 abgeschlossen haben. Wenn ihr Zeit habt, beginnt ihr bereits mit dem Üben. Die Aufnahme wird zu einem späteren Zeitpunkt stattfinden. Die Lehrperson sagt euch, wann dies sein wird.

Kriterium	--	-	+	++
Alle Kärtchen werden erklärt.				
Die Erklärungen sind fachlich korrekt.				
Die Erklärungen werden mit Beispielen unterstützt.				
Die Erklärungen sind gut verständlich und nachvollziehbar.				
Die Begriffe werden miteinander verknüpft. Die Zusammenhänge werden deutlich.				
Die Struktur ist übersichtlich und die Begriffe sind gut lesbar.				

1. Wieso besteht die Gefahr, dass auch die neuen Apfelbäume von Marcel Schmid vom Feuerbrand befallen werden?

Der Grund ist die Evolution. Die Bakterien verändern sich dauernd. So kann es sein, dass die Bakterien sich zufällig den neuen Sorten anpassen.

2. Marcel Schmid sagt, dass sich die Bakterien zufällig den neuen Apfelsorten anpassen können. Was meint er damit? Wie passiert diese Anpassung?

Die Anpassung passiert zufällig. Einzelne Bakterien haben Mutationen, die dazu führen können, dass sie auch die neuen Apfelbäume angreifen können.

3. Gegen Feuerbrand kann man Antibiotikum einsetzen. Dieses kann die Bakterien abtöten. Was ist nach Marcel Schmid das Problem bei Antibiotikum?

Manche Bakterien haben eine zufällige Mutation und sind resistent gegen das Antibiotikum. Das bedeutet, dass das Antibiotikum nicht mehr wirkt. Diese Bakterien können sich dann vermehren, auch wenn man Antibiotikum einsetzt.

4. Was schlägt Marcel Schmid vor, um gegen den Feuerbrand anzugehen?

Man muss sich mehr an der Natur orientieren und verschiedene widerstandsfähige Sorten anbauen.

5. Bestimmt hast du auch schon einmal einen Energydrink oder Kaffee getrunken. Was bewirken diese Getränke bei dir?

individuell

6. Lies nun die ersten vier Abschnitte der dunkleren Box.

7. Für manche Menschen ist Koffein schädlicher als für andere. An was liegt dies?

Manche Menschen besitzen eine Variante eines Enzyms, welches Koffein schnell abbaut. Diesen Menschen schadet das Koffein nicht. Bei anderen Menschen dauert der Abbau viel länger.

8. Was hat dies mit Evolution zu tun?

Durch Mutation und Rekombination haben Menschen ganz unterschiedliche Gene und auch Merkmale. Deshalb kann es z.B. sein, dass wir unterschiedlich auf Lebensmittel oder Medikamente reagieren.

9. Besprich deine Antworten mit einer Kollegin oder einem Kollegen. Ergänze oder verbessere.

Anhang 2: Fragebogen Prätest

Fragebogen 1

Liebe Schülerin, lieber Schüler

Ich bin eine Wissenschaftlerin der Pädagogischen Hochschule Luzern. Ich möchte mit diesem Fragebogen herausfinden, was Schülerinnen und Schüler über die Veränderung von Lebewesen denken und wissen. Deine Antworten können dazu beitragen, den Biologieunterricht zu verbessern.

Wichtig ist, dass du ehrlich antwortest. Kreuze bitte bei jeder Aufgabe **immer nur ein Kästchen** an.

Niemand erfährt deine Antworten, auch deine Lehrperson nicht. Damit deine Antworten geheim bleiben, musst du einen persönlichen Code, einen Geheimcode, eingeben.

Wenn du den Fragebogen genau und ehrlich ausfüllst, kannst du einen **50 Franken Zalando-Gutschein** gewinnen.

Für deine Unterstützung sage ich schon jetzt herzlichen Dank!

Weiter

◆ **Bitte trage zuerst deinen Fragebogen-Code ein!** Es ist wichtig, dass du bei allen Fragebogen den gleichen Code verwendest.

(Bitte nur **Kleinbuchstaben** und **keine Leerzeichen und Punkte** verwenden)

	Tag und Monat deiner Geburt ohne Jahr (und ohne Punkt dazwischen) (z.B. 03.04.1987)	Der erste und letzte Buchstabe von deinem Vornamen (z.B. Marti)
Beispiel	0304	mm

◆ **Codename deiner Klasse:**

Zurück

Weiter

Ich bin ... Jahre alt.

Ich bin

- ein Mädchen
- ein Junge

Welcher Religion gehörst du an?

- christlich
- muslimisch
- hinduistisch
- buddhistisch
- andere
- keine

Zurück

Weiter

Lies bitte diese vier Aussagen genau durch. Welche Meinung entspricht dir am ehesten?

- Naturwissenschaft und Religion/Glaube widersprechen sich häufig. Nur die Naturwissenschaft bietet sicheres Wissen.
- Religion/Glaube und Naturwissenschaft widersprechen sich häufig. Nur die Religion bietet sicheres Wissen
- Naturwissenschaft und Religion/Glaube können sich nicht widersprechen. Beide beschäftigen sich mit unterschiedlichen Fragen und verwenden dazu unterschiedliche Methoden.
- Naturwissenschaft und Religion/Glaube können sich nicht widersprechen. Sie betrachten die Welt aus zwei unterschiedlichen Perspektiven. Für ein vollständiges Bild der Wirklichkeit brauchen wir beide.

Zurück

Weiter

• Lies bitte die Aussagen durch und entscheide, ob du zustimmst.

	lehne ganz ab				stimme ganz zu
Lebewesen existieren heute im Wesentlichen in derselben Form, in der sie schon immer existiert haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die heutigen Lebewesen sind das Ergebnis evolutionärer Prozesse, die über Millionen von Jahren stattgefunden haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alle Lebewesen stammen von einem gemeinsamen Vorfahren ab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menschen existieren heute im Wesentlichen in derselben Form, in der sie schon immer existiert haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der moderne Mensch ist das Ergebnis evolutionärer Prozesse, die über Millionen von Jahren stattgefunden haben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menschen und Affen haben gemeinsame Vorfahren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

• Lies bitte diese Aussagen genau durch. Welche Position entspricht dir am ehesten?

- Alle Lebewesen wurden von einer Gottheit in mehr oder weniger ihrer heutigen Form zur gleichen Zeit geschaffen.
- Einige Lebewesen sind aus früheren Formen hervorgegangen, die von einer Gottheit erschaffen wurden. Höhere Arten wie Reptilien, Vögel und Säugetiere wurden jedoch mehr oder weniger in ihrer heutigen Form erschaffen.
- Einige Lebewesen entwickelten sich aus früheren Formen, die von einer Gottheit geschaffen wurden. Die Menschen wurden aber in mehr oder weniger ihrer heutigen Form erschaffen.
- Alle Lebewesen wurden im Laufe der Zeit schrittweise von einer Gottheit in mehr oder weniger ihrer heutigen Form geschaffen.
- Alle Lebewesen entwickelten sich aus früheren Formen, aber das Leben und die Evolution wurden von einer Gottheit in Gang gesetzt. Diese Gottheit nimmt weiterhin Einfluss auf die Entwicklung des Lebens und sorgt dafür, dass die Welt existieren kann.
- Alle Lebewesen entwickelten sich aus früheren Formen, aber das Leben und die Evolution wurden zuerst von einer Gottheit in Gang gesetzt und liefen dann ohne zusätzliche Eingriffe weiter.
- Leben entstand aus nicht lebenden Teilchen und dann entwickelten sich alle heutigen Lebewesen aus diesen früheren Formen. Eine Gottheit kann existieren, dies ist jedoch außerhalb des Bereichs der Evolutionstheorie.
- Leben entstand aus nicht lebenden Teilchen und dann entwickelten sich alle heutigen Lebewesen aus diesen früheren Formen. Keine Gottheit hat je eine Rolle in der Evolution des Lebens auf der Erde gespielt.
- Ich weiss es nicht.

Zurück

Weiter

• Lies bitte die Aussagen durch und entscheide, ob du zustimmst.

	lehne ganz ab				stimme ganz zu
Es gibt nur eine Lösung, wenn Naturwissenschaftler einmal das Ergebnis eines Experiments gefunden haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alle Fragen in den Naturwissenschaften haben genau eine Lösung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In den Naturwissenschaften ist beinahe alles bekannt; es gibt nicht mehr viel, was man herausfinden könnte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das Wissen in den Naturwissenschaften ist für alle Zeiten wahr.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Naturwissenschaftler stimmen immer darin überein, was in ihrem Fach wahr ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der wichtigste Teil der Naturwissenschaften ist die Suche nach der einzig richtigen Lösung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Naturwissenschaftler für wahr halten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Vorstellungen in Naturwissenschaftsbüchern verändern sich manchmal.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einige Vorstellungen in den Naturwissenschaften sind heute anders als das, was Naturwissenschaftler früher dachten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manchmal ändern Naturwissenschaftler ihre Meinung darüber, was in ihrem Fach wahr ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manchmal verändern sich die Vorstellungen in den Naturwissenschaften.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Zurück

Weiter

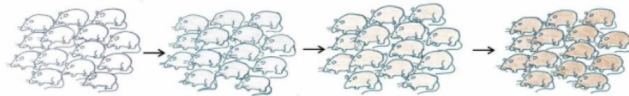
Lies bitte die Aufgaben genau durch und entscheide dich für eine Antwort.

• Eine Gruppe von weissen und braunen Mäusen lebte in einem Getreidespeicher, in dem wenig Licht vorhanden war. Da die Mäuse so viel Schaden anrichteten, wurden zur Schadensbegrenzung Katzen in dem Speicher ausgesetzt. Nach einiger Zeit gab es weniger Mäuse und diese waren braun. Wie mag die Veränderung von der Mischung weisser und brauner Mäuse zu braunen Mäusen stattgefunden haben?

Die Veränderung fand **über mehrere Generationen** statt und sah so aus:



Die Veränderung fand **über mehrere Generationen** statt und sah so aus:



Die Veränderung passierte **innerhalb des Lebens** der Mäuse und sah so aus:



• Die Vorfahren des Menschen bewegten sich auf allen Vieren fort. Der heutige Mensch hat einen aufrechten Gang. Wie lässt sich diese Veränderung erklären?

- Die Vorfahren des Menschen richteten sich immer häufiger auf, weil sie so die Hände frei hatten und weitere Strecken zurücklegen konnten. Dadurch standen sie immer gerader. Diese Eigenschaft vererbten sie ihren Nachkommen.
- Die Vorfahren des Menschen haben erkannt, dass sie mit einem aufrechten Gang weitere Strecken zurücklegen und mit den Händen etwas greifen konnten. Ihr Körper hat sich deshalb angepasst.
- Der Gang der Vorfahren des Menschen veränderte sich, weil es notwendig war, um zu überleben. Nur so konnten sie genug Beute jagen und Werkzeuge verwenden.
- Jenen Vorfahren des Menschen, die aufrecht gehen konnten, war es möglich weitere Strecken zurückzulegen. Sie konnten so mehr Beute jagen und Werkzeuge verwenden. Dadurch haben sie sich besser vermehrt als andere.

• In einem Maisfeld befindet sich eine Pflanze mit zufällig genetisch veränderten Maiskörnern. Welche Folgen wird diese Veränderung für die Jungpflanzen haben, die aus diesen Körnern wachsen?

- Sie werden Vorteile gegenüber den anderen Pflanzen haben und länger leben.
- Die genetische Veränderung kann sich positiv oder negativ auf das Leben der Jungpflanzen auswirken.
- Die Jungpflanzen werden Nachteile gegenüber den anderen Pflanzen haben und früher sterben.
- Die Veränderung in den Genen kann Vorteile oder Nachteile oder gar keinen Einfluss haben.

Der Polarfuchs lebt in kalten Regionen rund um den Nordpol. Sein dickes Fell schützt ihn vor Kälte. Wie hat sich das dicke Fell ausgehend von Vorfahren ohne dickes Fell entwickelt?

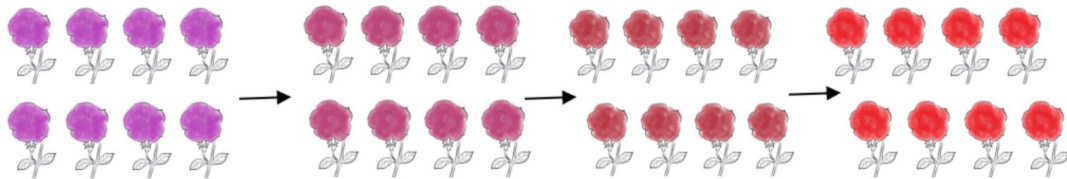
- Vorfahren der Polarfuchse hatten unterschiedlich dickes Fell. Füchse mit dickem Fell überlebten häufiger und vermehrten sich.
- Die Vorfahren der Polarfuchse wollten in dem kalten Lebensraum überleben und entwickelten deshalb ein dickes Fell.
- Der Körper der Vorfahren passte sich an, damit die Polarfuchse überleben konnten.
- Mit der Zeit veränderte sich die Felldicke automatisch, da sie dauerhaft in der Kälte lebten.

Zurück

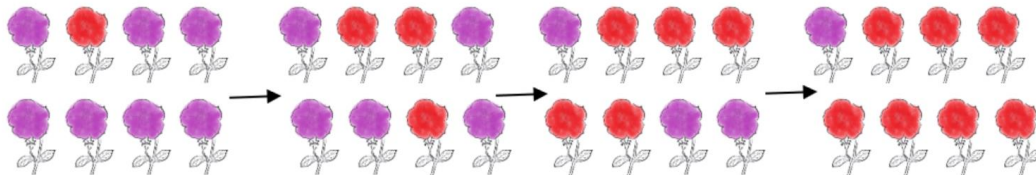
Weiter

Alle Petunien (Blumen) hatten ursprünglich lilafarbene Blüten, welche Bienen anziehen, die sie bestäuben. An manchen Orten entwickelten sich daraus Petunien, welche rote Blüten haben und deshalb von Kolibris bestäubt werden. Wie hat diese Veränderung der Blütenfarbe stattgefunden?

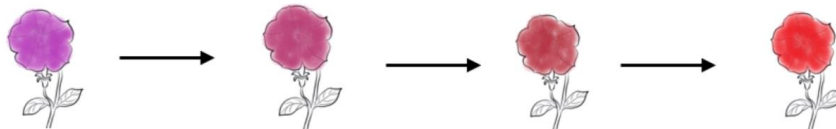
- Die Veränderung fand **über mehrere Generationen** statt und sah so aus:



- Die Veränderung fand **über mehrere Generationen** statt und sah so aus:



- Die Veränderung passierte **innerhalb des Lebens** der einzelnen Blumen und sah so aus:



• Ende des 19. Jahrhunderts führte der Wissenschaftler August Weismann folgendes Experiment durch: Er schnitt Mäusen die Schwänze ab, um festzustellen, welche Auswirkungen dies auf die Nachkommen haben würde. Wie haben die Nachkommen dieser Mäuse ausgesehen?

- Das Abschneiden hatte keinen Einfluss auf die Schwanzlänge der Nachkommen.
- Die direkten Nachkommen dieser Mäuse hatten keinen Schwanz mehr.
- Die Nachkommen der Mäuse hatten nach mehreren Generationen keinen Schwanz mehr.

• In einer Herde Zebras wird ein Fohlen mit einer Veränderung in den Genen geboren. Welche Auswirkungen wird diese Veränderung im Leben des Fohlens haben?

- Die genetische Veränderung könnte Vor- oder Nachteile ergeben, oder keines von beidem.
- Das Fohlen wird Nachteile durch die genetische Veränderung haben und früher sterben.
- Das Fohlen kann entweder Vorteile oder Nachteile durch die genetische Veränderung haben.
- Das Fohlen wird vermutlich eher Nachteile als Vorteile durch die genetische Veränderung haben.

• Menschen besitzen wenig Körperbehaarung und können deshalb gut schwitzen, wenn sie weite Strecken rennen. Die Vorfahren des Menschen hatten ein Fell. Vor etwa drei Millionen Jahren veränderte sich das Klima und die Vorfahren des Menschen mussten weitere Strecken rennen, um Beute zu jagen. Wie lässt sich die Veränderung der Körperbehaarung erklären?

- Die Vorfahren des Menschen haben gemerkt, dass sie ohne Körperhaare besser schwitzen und damit weitere Strecken rennen konnten. Ihr Körper hat sich deshalb angepasst.
- Die Vorfahren des Menschen hatten eine unterschiedlich starke Körperbehaarung. Die Vorfahren mit weniger Körperbehaarung konnten besser schwitzen und vermehrten sich so häufiger.
- Die Natur hat die Vorfahren der Menschen an das neue Klima angepasst, damit sie weite Strecken rennen können.
- Die Körperbehaarung der Vorfahren hat sich durch das Zurücklegen der weiteren Strecken angepasst.

Zurück

Weiter

Die Frauen des Volkes der Padaung tragen von Kindheit an einen Halsschmuck, der ihren Hals mit der Zeit verlängert. Wie sehen die Hälse der Kinder dieser Frauen aus?



- Die Kinder kommen mit längeren Hälsen auf die Welt als Kinder bei uns.
- Die Hälse der Kinder sind normal lang.
- Die Nachkommen dieser Frauen haben nach mehreren Generationen längere Hälse.

Geparde können bis zu 96km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Ihre Vorfahren konnten dagegen nur eine Geschwindigkeit von 32km/h erreichen. Wie lässt sich die Zunahme der Laufgeschwindigkeit erklären?

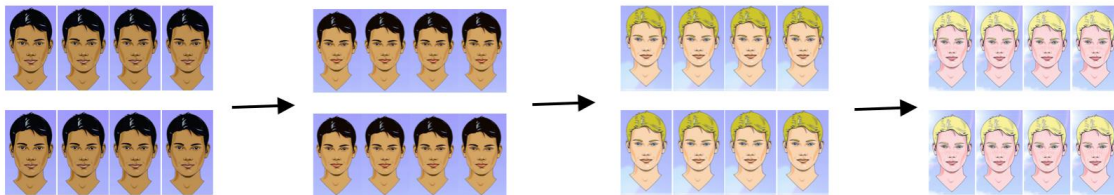
- Die Geparde nutzen ihre Muskeln häufiger. Dadurch wurden sie schneller und vererbten dies an die Nachkommen.
- Die Geparde sind schneller geworden, weil es für das Jagen von ausreichend Beute notwendig war und sie sonst nicht überlebt hätten.
- Einige Geparde waren schneller und haben mehr Beute gefangen. Dadurch haben sie sich besser vermehrt als andere.
- Die Geparde haben erkannt, dass sie schneller laufen mussten, um ihre Beute fangen zu können und haben sich deshalb angepasst.

• Menschen haben unterschiedliche Hautfarben. Einige Forscherinnen und Forscher vermuten, dass zu Beginn alle Menschen dunkelhäutig waren. Dunkle Haut schützt besser vor der UV-Strahlung der Sonne. Der Körper bildet aber mit Hilfe der Sonnenstrahlen auch das Vitamin D. Je dunkler die Haut, desto weniger Vitamin D wird produziert. Heute leben in Europa vor allem hellhäutige Menschen. Wie hat diese Veränderung stattgefunden?

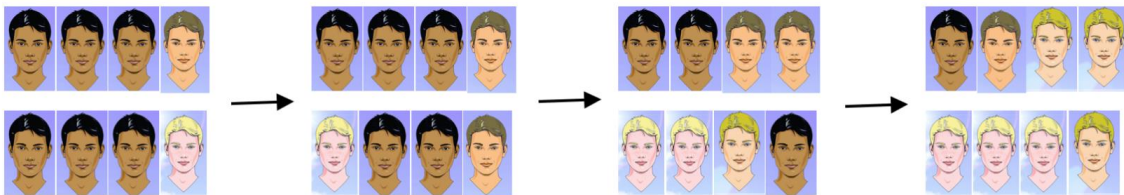
- Die Veränderung fand **innerhalb des Lebens** eines einzelnen Menschen. Weil in Europa die Sonne nicht so oft scheint, wurden die Personen im Verlaufe ihres Lebens immer heller.



- Die Veränderung fand **über mehrere Generationen** statt. Alle Menschen einer neuen Generation waren ein bisschen heller als ihre Eltern.



- Die Veränderung fand **über mehrere Generationen** statt. In jeder Generation gab es mehr Menschen mit hellerem Hauttyp.



Zurück

Weiter

Ein Kind in einer Familie kommt mit zufällig veränderten Genen auf die Welt. Welche Auswirkungen wird diese Veränderung im Leben des Kindes haben?

- Das Kind wird vermutlich eher Nachteile als Vorteile durch die genetische Veränderung haben.
- Das Kind kann entweder Vorteile oder Nachteile durch die genetische Veränderung haben.
- Das Kind wird Nachteile durch die genetische Veränderung haben und früher sterben.
- Die genetische Veränderung könnte Vor- oder Nachteile ergeben, oder keines von beidem.

Seehunde können lange ohne Luft zu holen unter Wasser bleiben während sie jagen. Die Vorfahren der Seehunde konnten nur kurz unter Wasser bleiben. Wie erklärt ein Biologe, wie diese Fähigkeit entstanden sein könnte?

- Die Seehunde konnten immer länger tauchen, weil es notwendig war, um besser jagen zu können.
- Vorfahren der Seehunde konnten unterschiedlich lang unter Wasser bleiben. Solche, die lange tauchen konnten, haben sich besser vermehrt.
- Die Vorfahren der Seehunde wollten besser fischen können und haben sich angepasst.
- Die Vorfahren der Seehunde tauchten häufig und konnten so immer länger unter Wasser bleiben. Diese Eigenschaft haben sie ihren Nachkommen weitervererbt.

Bauer Kunz erhält eine neue Kuh mit Hörnern. Diese soll in einem Auslaufstall mit anderen Kühen ohne Hörner gehalten werden. Bauer Kunz lässt die Hörner deshalb vom Tierarzt entfernen. Wie sehen die Nachkommen dieser Kuh aus?

- Die Nachkommen werden keine Hörner mehr haben.
- Die Nachkommen der Kuh haben nach mehreren Generationen keine Hörner mehr.
- Das Entfernen der Hörner hat keinen Einfluss auf die Nachkommen.

Enten sind Wasservögel. Ihre Füße besitzen Schwimmhäute, mit denen sie schnell schwimmen können. Ihre Vorfahren sind Landvögel, die keine Schwimmhäute hatten. Durch eine Umweltkatastrophe wurde der Lebensraum an Land stark eingeschränkt. Wie lässt sich die Entstehung der Schwimmhäute in der Entwicklung vom Land- zum Wasservogel erklären?

- Die Vorfahren der Enten haben gemerkt, dass sie ohne Schwimmhäute nicht gut schwimmen können und haben sich angepasst.
- Die Füße der Vorfahren haben sich durch das häufige Aufhalten im Wasser an die Fortbewegung im Wasser angepasst.
- Die Natur hat die Vorfahren der Enten an die Lebensweise im Wasser angepasst, damit diese sich besser bewegen können.
- Die Schwimmhäute entstanden durch zufällige genetische Veränderungen. Vorfahren der Enten mit dieser Veränderung haben sich besser vermehrt.

Zurück

Weiter

♣ Wie oft denkst du über religiöse Fragen nach?

- nie
- selten
- manchmal
- oft
- sehr oft

♣ Wie sehr interessierst du dich dafür, mehr über religiöse Fragen zu erfahren?

- gar nicht
- wenig
- mittel
- ziemlich
- sehr

♣ Wie wahrscheinlich ist deiner Meinung nach die Existenz Gottes?

- gar nicht
- wenig
- mittel
- ziemlich
- sehr

♣ Wie wahrscheinlich ist deiner Ansicht nach ein Leben nach dem Tod?

- gar nicht
- wenig
- mittel
- ziemlich
- sehr

♣ Wie häufig betest oder meditierst du?

- nie
- selten
- manchmal
- oft
- sehr oft

♣ Wie wichtig ist für dich das persönliche Gebet?

- gar nicht
- wenig
- mittel
- ziemlich
- sehr

♣ Wie oft erlebst du Situationen, in denen du fühlst, dass Gott dir etwas mitteilt?

- nie
- selten
- manchmal
- oft
- sehr oft

♣ Wie oft erlebst du Situationen, in denen du fühlst, dass Gott konkret eingreift?

- nie
- selten
- manchmal
- oft
- sehr oft

♣ Wie häufig nimmst du in der Regel an Gottesdiensten teil?

- nie
- selten
- manchmal
- oft
- sehr oft

♣ Wie wichtig ist dir die Teilnahme an Gottesdiensten?

- gar nicht
- wenig
- mittel
- ziemlich
- sehr

Zurück

Weiter

• Lies folgende Aussagen und kreuze anschliessend das passende Kästchen an.

Im Unterricht in Biologie ...

	nie	manchmal	oft	fast immer
finde ich die Inhalte richtig spannend.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
bin ich mit Freude dabei.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
macht mir der Unterricht Spass.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
möchte ich gern mehr über dieses Thema erfahren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
bekomme ich Lust, mich weiter damit zu beschäftigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Zurück

Weiter

• Was sind - deiner Meinung nach - Naturwissenschaften? Was unterscheidet Naturwissenschaften von Religion/Glaube? Erkläre in einigen Sätzen.

Zurück

Absenden

Anhang 3: Beschreibung der Dimensionen des Ratinginstrumentes

Beschreibung der Dimensionen des Ratinginstruments

Philosophische Reichhaltigkeit

Grundidee:

Das Kriterium der *philosophischen Reichhaltigkeit* erfasst, inwiefern unterschiedliche Fragen und Aspekte unter Anwendung philosophischer Denkmethoden (Martens, 2003) differenziert ausgeleuchtet werden. Unterstützt wird dieser Prozess durch Hebammenfragen, welche von der Lehrperson oder gegebenenfalls Schüler*innen eingesetzt werden. Diese Hebammenfragen können gemäss ihrer Zielsetzung in vier Typen unterteilt werden, an welchen sich die Formulierung der ersten vier Indikatoren orientiert: Sachverhalte beschreiben und Begriffe klären, Unterschiede und Ähnlichkeiten herausarbeiten, Meinungen begründen und Wertungen reflektieren und Hypothesen erstellen und Folgen überlegen (Gedankenexperimente). In philosophischen Gesprächen sollen demnach Begriffe aber auch Phänomene und Situationen genau betrachtet und beschrieben werden. Ähnlichkeiten, Unterschiede sowie Zusammenhänge sollen reflektiert und formuliert werden. Ein weiterer Aspekt philosophischer Gespräche stellt das Abschätzen von Folgen sowie das spekulative Nachdenken dar. Die geäußerten Meinungen sollen dabei immer mit Argumenten und Beispielen begründet und untermauert werden. Um eine philosophische Frage differenziert auszuleuchten, müssen vielfältige und substantielle Gedanken von den Teilnehmer*innen geäußert werden. Erfasst wird in dieser Dimension also einerseits die Vielfalt und Substanz der Äusserungen und andererseits die Differenziertheit der philosophischen Reflexion, also des gründlichen Nachdenkens über diese Ideen.

Indikatoren:

- Begründungen und/oder Beispiele für Meinungen werden geäußert und Wertungen reflektiert.
- Begriffe, Phänomene und Situationen werden beschrieben und geklärt.
- Ähnlichkeiten, Unterschiede und Zusammenhänge werden formuliert.
- Hypothesen werden aufgestellt, Folgen abgeschätzt und Spekulationen geäußert.
- Es werden vielfältige und substantielle Gedanken geäußert.

Antwort: Gesamteindruck

Anmerkung:

Eine sehr hohe Ausprägung (4) bedeutet, dass mindestens die ersten drei Indikatoren im Gespräch in sehr differenzierter Art und Weise sowie der fünfte Indikator berücksichtigt werden. Eine sehr hohe Ausprägung ist möglich, ohne dass der Indikator 4 berücksichtigt wird. Neben der Anzahl der Indikatoren ist die Häufigkeit und Qualität, mit welcher ein Gesprächsverhalten gezeigt wird, für die Ausprägung des Merkmals entscheidend.

Ko-Konstruktion

Grundidee:

Das Kriterium *Ko-Konstruktion* erfasst, inwiefern sich die Aussagen und Fragen der Lehrperson und der Schüler*innen aufeinander beziehen und aufeinander aufbauen. Die Ko-Konstruktion kann durch entsprechende Moderationsfragen der Lehrperson oder gegebenenfalls der Schüler*innen gefördert werden. Ein Gespräch gilt als ko-konstruktiv, wenn sich beteiligte Personen in ihren Aussagen auf vorherige Äusserungen beziehen und diese umformulieren, ergänzen, in Frage stellen oder kontrastieren. Die Ansichten von Schüler*innen sollen im Gespräch somit nicht additiv geäußert werden. Allfällige Unklarheiten werden durch (Nach-)Fragen geklärt.

Indikatoren:

- Aussagen beziehen sich auf vorherige Äusserungen, indem diese wiederholt, umformuliert, ergänzt und ausdifferenziert werden.
- Aussagen beziehen sich auf vorherige Äusserungen, indem diese in Frage gestellt und/oder kontrastiert werden.
- Unklare Aussagen werden aufgegriffen und durch (Nach-)Fragen geklärt.
- In den aufeinanderfolgenden Aussagen wird ein Aufbau erkennbar. Aussagen werden nicht primär additiv geäußert.

Antwort: Gesamteindruck

Anmerkung:

Eine sehr hohe Ausprägung (4) in diesem Merkmal bedeutet, dass alle Indikatoren im Gespräch berücksichtigt werden. Eine sehr hohe Ausprägung (4) ist nur möglich, wenn sich Schüler*innen zeitweise auch ohne die Unterstützung der Lehrperson ko-konstruktiv verhalten und untereinander diskutieren. Ping-Pong Gespräche (Lehrperson stellt Frage, Schüler*innen antworten, Lehrperson stellt nächste Frage, ohne dass ein Aufbau und ein Mitdenken der Lernenden sichtbar wird) entsprechen einer tiefen Ausprägung (1).

Fokus

Grundidee:

Das Kriterium *Fokus* erfasst, inwieweit die Aussagen und Fragen von Lehrperson und Schüler*innen die Beantwortung der philosophischen Frage fokussieren. Diese soll zwar aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet werden, der Fokus soll dabei jedoch nicht verloren gehen. Die Beiträge der Schüler*innen unterstützen dabei die Beantwortung der zugrundeliegenden Fragestellung. Durch die Wahl der Fragen trägt die Lehrperson ebenfalls zur Fokussierung auf die ursprüngliche philosophische Frage bei. Durch Zusammenfassungen, Überleitungen und Fragen, welche die zugrunde liegende Fragestellung fokussieren, wird ein roter Faden im Gespräch sichtbar. Störungen des Gesprächsverlaufs durch Nichtbeachtung von Gesprächs- und Verhaltensregeln wirken sich negativ auf die Aufmerksamkeit und den Fokus aus. Eine besondere Herausforderung für die Lehrperson besteht darin, Aussagen mit besonderem Potenzial für die Thematik zu erkennen und im Gespräch zu vertiefen.

Indikatoren:

- Fragen und Äusserungen tragen zur Beantwortung der zugrunde liegenden Fragestellung bei. Das Gespräch schweift inhaltlich nicht ab.
- Durch Zusammenfassungen, Überleitungen und Fragen, welche die zugrunde liegende Fragestellung fokussieren, wird ein roter Faden im Gespräch sichtbar.
- Die zugrunde liegende philosophische Frage wird während und/oder am Ende des Gespräches wieder explizit aufgegriffen.
- Grundlegende Gesprächsregeln werden eingehalten, so dass das Gespräch nicht gestört oder unterbrochen wird.
- Die Lehrperson erkennt Aussagen mit besonderem Potenzial für die Thematik und vertieft diese mit gezielten Fragen.

Antwort: Gesamteindruck

Anmerkung:

Für eine sehr hohe Ausprägung (4) des Merkmals müssen alle Indikatoren im Gespräch berücksichtigt werden. Neben der Anzahl der Indikatoren ist die Häufigkeit und Qualität, mit welcher ein Gesprächsverhalten gezeigt wird, für die Ausprägung des Merkmals entscheidend.

Zurückhaltende Gesprächsführung

Grundidee:

Die Kunst der *zurückhaltenden Gesprächsführung* besteht darin, den ko-konstruktiven Dialog und die philosophische Reichhaltigkeit themenfokussiert zu fördern, ohne selbst eine zu dominante Rolle im Gespräch einzunehmen. Die Gesprächsleitung, in diesem Fall die Lehrperson, verhält sich in philosophischen Gesprächen deshalb zurückhaltend und äussert ihre eigenen Ansichten nicht. Wenn immer möglich folgt die Lehrperson den Gedanken der Schüler*innen und vertieft diese. Die Lehrperson verfolgt also nicht einen eigenen Plan eines Gesprächsverlaufs, sondern passt ihre Fragen und Anregungen situativ den Äusserungen der Lernenden an. Ein Lehrperson-Schüler*in-Pingpong soll verhindert werden, weshalb die Lehrperson den Gesprächsteilnehmenden genügend Raum lassen muss, miteinander ins Gespräch zu kommen. Die Schüler*innen sollen zudem die Möglichkeit erhalten, ihre Gedankengänge zu entfalten, ohne dass sie allzu schnell von der Lehrperson aufgrund der Themenfokussierung eingeschränkt werden.

Indikatoren:

- Die Lehrperson verzichtet auf die Äusserung von eigenen Meinungen und Wertungen und gibt keine Antworten vor.
- Die Lehrperson folgt den Gedankengängen der Schüler*innen und vertieft diese, indem sie ihre Fragen situativ und flexibel adaptiert, statt das Gespräch auf ein bestimmtes Ziel hinzuführen.
- Die Lehrperson schafft Raum, sodass Schüler*innen miteinander ins Gespräch kommen können und nimmt lediglich einen kleinen Redeanteil ein.
- Die Lehrperson schafft Raum, sodass Schüler*innen ihre eigenen Gedankengänge entfalten können, ohne dass diese allzu schnell aufgrund der Themenfokussierung eingeschränkt werden.

Antwort: Gesamteindruck

Anmerkung:

Eine sehr hohe Ausprägung (4) in diesem Merkmal bedeutet, dass alle Indikatoren eine hohe Ausprägung aufweisen und im Gespräch berücksichtigt werden. Eine hohe Ausprägung (3, 4) des Merkmals ist nur möglich, wenn der Redeanteil der Schüler*innen hoch ist. Verhält sich die Lehrperson zurückhaltend, aber das Gespräch gleicht eher einem Lehrpersonen-Schüler*innen-Pingpong, so ergibt sich eine Bewertung von 2. Wenn die Gesprächsführung nicht oder kaum wahrgenommen wird, ergibt sich eine tiefe Bewertung (1, 2)

Anhang 4: Mehrebenen-Strukturgleichungsmodelle

Mehrebenen-Regressionsmodell mit der Skala Entwicklung des Wissens

Fit Werte des vollständigen Modells mit der Skala Entwicklung des Wissens zum Zeitpunkt des Posttests mit Berücksichtigung der hierarchischen Struktur (Philosophiegruppe: $N = 179$; Biologiegruppe: $N = 151$)

Modell	χ^2	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
Modell 4 a/b	240.146	258	.781	1.000	1.016	.000	.062

Strukturgleichungsmodell zum Zeitpunkt des Posttests zum Mehrgruppenvergleich mit der Skala Entwicklung des Wissens mit Berücksichtigung der hierarchischen Struktur (Philosophiegruppe: $N = 179$; Biologiegruppe = 151)

M.	Strukturgleichungsmodell	B	SE	Z -value	p	β	R^2
4a	Akzeptanz der Evolution ~						.249
	Religiosität	-0.158	0.063	-2.521	.012	-.219	
	Entwicklung des Wissens	0.238	0.065	3.671	<.001	.325	
	Religiosität*Entw. des W.	-0.076	0.129	-0.589	.556	-.049	
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	2.031	.042	.205	
	Verständnis der Evolution ~						.170
	Religiosität	-0.054	0.043	-1.234	.217	-.091	
	Entwicklung des Wissens	0.182	0.064	2.830	.005	.306	
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	2.567	.001	.182	
	Akzeptanz ~ ~ Verständnis	0.015	0.009	1.608	.042	.138	
4b	Akzeptanz der Evolution ~						.674
	Religiosität	-0.067	0.081	-0.820	.412	-.092	
	Entwicklung des Wissens	0.527	0.092	5.704	<.001	.723	
	Religiosität* Entw. des W.	-0.332	0.166	-2.001	.045	-.204	
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	1.653	.098	.140	
	Verständnis der Evolution ~						.351
	Religiosität	-0.016	0.040	-0.413	.680	-.032	
	Entwicklung des Wissens	0.256	0.045	5.696	<.001	.493	
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	1.853	.064	.200	
	Akzeptanz ~ ~ Verständnis	0.012	0.009	1.390	.164	.181	

Mehrebenen-Regressionsmodell mit der Skala Sicherheit des Wissens

Fit Werte des vollständigen Modells mit der Skala Sicherheit des Wissens zum Zeitpunkt des Posttests mit Berücksichtigung der hierarchischen Struktur (Philosophiegruppe: N = 179; Biologiegruppe: N = 151)

Modell	χ^2	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
Modell 4 a/b	318.559	291	.128	0.980	0.976	.026	.069

Strukturgleichungsmodell zum Zeitpunkt des Posttests zum Mehrgruppenvergleich mit der Skala Sicherheit des Wissens mit Berücksichtigung der hierarchischen Struktur (Philosophiegruppe: N = 179 / Biologiegruppe = 151)

M.	Strukturgleichungsmodelle	B	SE	Z-value	p	β	R2
4a	Akzeptanz der Evolution ~						.171
	Religiosität	-0.182	0.067	-2.720	.007	-.245	
	Sicherheit des Wissens	0.163	0.157	1.042	.297	.152	
	Religiosität* Sich. des W.	-0.031	0.262	-0.118	.906	-.013	
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	2.317	.020	.240	
	Verständnis der Evolution ~						.127
	Religiosität	-0.069	0.041	-1.678	.093	-.117	
	Sicherheit des Wissens	0.192	0.093	2.078	.038	.226	
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.000	2.388	.017	.117	
	Akzeptanz ~~ Verständnis	0.024	0.010	2.398	.016	.200	
4b	Akzeptanz der Evolution ~						.345
	Religiosität	-0.041	0.110	-0.374	.709	-.056	
	Sicherheit des Wissens	0.470	0.187	2.514	.012	.423	
	Religiosität* Sich. des W.	-0.105	0.315	-0.333	.739	-.038	
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.001	0.001	1.528	.127	.185	
	Verständnis der Evolution ~						.329
	Religiosität	-0.018	0.046	-0.392	.695	-.035	
	Sicherheit des Wissens	0.353	0.109	3.236	.001	.450	
	Schulische Leistungsfähigkeit	0.000	0.000	1.688	.091	.165	
	Akzeptanz ~~ Verständnis	0.039	0.014	2.731	.006	.381	