



UNIVERSITÄT
BAYREUTH



Universität Bayreuth
Lehrstuhl Didaktik der Biologie

Schülerzentrierter Unterricht
zu Arten- und Naturschutz im Ökosystem Wald:
Eine Studie zu Schülervorstellungen, kognitivem Wissen,
Umwelteinstellungen und Persönlichkeit

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

- Dr. rer. nat. -

der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften
der Universität Bayreuth

vorgelegt von

Christine J. Thorn
M. Sc. Biologie

2016

Die vorliegende Arbeit wurde innerhalb von drei Jahren (Januar 2013 bis Januar 2016) am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie an der Universität Bayreuth unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

Dissertation eingereicht am:	13.01.2016
Zulassung durch die Promotionskommission:	20.01.2016
Wissenschaftliches Kolloquium:	07.03.2016

Amtierender Dekan:

Prof. Dr. Stefan Schuster

Prüfungsausschuss:

Prof. Dr. Franz Xaver Bogner

(Erstgutachter)

Prof. Dr. Ludwig Haag

(Zweitgutachter)

Prof. Dr. Gerrit Begemann

(Vorsitz)

PD Dr. Gregor Aas

INHALTSVERZEICHNIS

1 ZUSAMMENFASSUNG	1
2 SUMMARY	3
3 AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG.....	5
3.1 Einleitung	5
3.2 Theoretischer Hintergrund.....	7
3.2.1 Schülervorstellungen - Fotosynthese und Holzbildung.....	7
3.2.2 Schülerzentriertes Lernen an Stationen	8
3.2.3 Wissen & Umwelteinstellungen	9
3.2.4 Persönlichkeitsmerkmale.....	12
3.3 Ziele und Fragestellungen der Teilstudien	14
3.4 Material und Methoden	17
3.4.1 Unterrichtsmodul.....	17
3.4.2 Datenerhebung und -auswertung der Teilstudien A-D.....	20
3.5 Ergebnisse und Diskussion.....	27
3.6 Schlussfolgerung und Ausblick.....	35
4 LITERATURVERZEICHNIS.....	37
5 TEILARBEITEN.....	44
5.1 Publikationsliste	44
5.2 Darstellung des Eigenanteils	45
5.3 Teilarbeit A.....	46
5.4 Teilarbeit B.....	77
5.5 Teilarbeit C.....	104
5.6 Teilarbeit D.....	126
ANHANG.....	I
A Schüler- und Studentenvorstellungen zu Fotosynthese und Holzbildung	II
B Schülerfragebogen Intervention	V
(Eidesstattliche) Versicherungen und Erklärungen	XII
Danksagung	XIII

1 ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund immer intensiverer anthropogener Einflüsse auf unsere Umwelt, beispielsweise durch die Einführung invasiver Arten oder übermäßiger Ressourcennutzung, entstehen negative Folgen für Mensch und Umwelt. Besonders Waldökosysteme zeigen einen anhaltenden und steigenden Biodiversitätsverlust. Die Jugend ist sich dieser Problematik nicht immer bewusst, weshalb es (wie auch früher schon) einer gezielten unterrichtlichen Heranführung an das Thema bedarf. Hierfür müssen umweltspezifische Themen für einen Unterricht vor Ort altersgerecht aufbereitet sein. Im konkreten Fall soll eine Intervention zum Thema „Ökosystem Wald“ vorgestellt werden, da dieses aufgrund seiner Ressourcen der meist ausgebeutete Lebensraum in Mitteleuropa ist. Die vorgestellte Intervention integriert non-formales Lernen an schülerzentrierten Lernstationen in einem formalen Kontext, dem Klassenzimmer.

Aufbauend auf vorherige Studien wurden in der ersten Teilstudie (A) Schülervorstellungen zu Fotosynthese und Holzbildung ausgewertet. Hier konnte gezeigt werden, dass alternative Vorstellungen und wissenschaftlich korrekte Vorstellungen über Fotosynthese und Holzbildung koexistieren. Die beiden Teilstudien B und C basierten auf der Teilnahme an einer speziell entwickelten Unterrichtseinheit mit schülerzentrierten Lernstationen zum Thema Arten- und Naturschutz im Ökosystem Wald. Diese Intervention trug zu einem langfristigen Wissenserwerb bei, der auch ein halbes Jahr nach der Intervention noch messbar war (Teilstudie B). Dieser kognitive Lernerfolg zeigte sich abhängig von den individuellen Umwelteinstellungen (2-MEV) der beteiligten Schüler: Positive Umwelteinstellungen trugen zu einem langfristigen Wissenserwerb bei, negative Umwelteinstellungen hinderten Schüler nicht daran, kurzfristig zu lernen, korrelierten aber langfristig mit dem Vergessen des neu erlernten Wissens (Teilstudie C). Die

ZUSAMMENFASSUNG

Umwelteinstellungen an sich waren wiederum mit dem Persönlichkeitsmerkmal „Offenheit für Erfahrungen“ assoziiert: Hohe Werte in „Offenheit für Erfahrungen“ korrelierten mit Naturschutz- und niedrige mit Natur(aus)nutzungspräferenzen (Teilstudie D).

Schließlich muss festgehalten werden, dass in den Köpfen der Schüler immer noch alternative Vorstellungen im Themenbereich „Ökosystem Wald“, sprich Fotosynthese und Holzbildung, bestehen und neben wissenschaftlichen koexistieren. Diese Themen sollten daher im Unterricht mehrmals wiederholt, direkt angesprochen und/oder in Kombination miteinander unterrichtet werden, um integrierte Wissensprofile zu fördern. Da Naturschutzpräferenzen und Wissen positiv miteinander assoziiert sind, sollten innerhalb formaler und non-formaler Kontexte diese positiven Umwelteinstellungen ebenfalls vermittelt werden. Dies würde vermutlich besonders aufgeschlossenen Schülern (Persönlichkeitsmerkmal: Offenheit in Erfahrungen) zugutekommen und Bildung für nachhaltige Entwicklung unterstützen.

2 SUMMARY

The steadily increasing intensive anthropogenic impact on the environment, such as the introduction of invasive species or excessive use of resources, has negative consequences for humankind and the environment. Particularly forest ecosystems have experienced an unprecedented and ongoing loss of biodiversity. Coming generations are often not aware of these negative consequences, hence nature conservation or climate change require a careful instructional learning approach. For this purpose, it is necessary to prepare age-specific learning modules on conservation issues. This thesis introduces an intervention on nature and wildlife conservation in forest ecosystem, as this is the most exploited habitat due to its resources in Central Europe. The proposed intervention integrates non-formal learning, with student-centered learning stations, in a formal context, the classroom.

Following previous studies on alternative concepts about photosynthesis and wood synthesis students' conceptions about these two topics were evaluated in the first part of the present thesis (sub study A). Alternative conceptions about photosynthesis and wood synthesis were detected to be co-existing with scientific ones. The two sub studies B and C required the participation in an intervention on nature and wildlife conservation in forest ecosystems with student-centered learning stations. This intervention resulted in long-term knowledge acquisition, which remained constant even six months after the intervention (sub study B). Thereby, the cognitive knowledge acquisition depended on the individual environmental attitudes of the students involved: Positive environmental attitudes were associated with a long-term knowledge acquisition; negative environmental attitudes do not prevent students from learning in short-term perspective, but correlated with disremember of the newly acquired knowledge in long-term perspective (sub study C). Furthermore, individual environmental attitudes were associated with the personality dimension "Openness to Experience": High scores in "Openness for Experience" correlated

SUMMARY

with conservational preferences (Preservation) and low ones with exploitation preferences (Utilization) (sub study D).

In conclusion, it must be noted that alternative concepts about photosynthesis and wood synthesis still exist and coexist with scientific ones in students mind. To promote integrated knowledge profiles it is important to steadily repeat, directly address and/or teach the two topics in combination with each other in classes. Due to the fact, that environmental attitudes and knowledge are positively associated, positive environmental attitudes should be taught in formal and informal contexts. This would lead to a benefit especially for open-minded students (openness in experience), and therefore support education for sustainable development.

3 AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

3.1 Einleitung

Der enorme Abbau von natürlichen Ressourcen, die Einführung invasiver Arten und Umweltverschmutzung haben negative Folgen auf die Natur und uns Menschen (Díaz, Fargione, Chapin, & Tilman, 2006). Diese Folgen auf die Umwelt durch immer stärkere anthropogene Einflüsse wurden bereits 1992 durch die UNO-Konferenz für Umwelt und Entwicklung („United Nation Conference on Environment and Development“ [UNCED]) thematisiert. Die daraus resultierende Agenda-21 enthält ein entwicklungs- und umweltpolitisches Aktionsprogramm für eine weltweit nachhaltige Entwicklung, die vor allem Bildung als zentralen Punkt für eine bedeutungsvolle Nachhaltigkeitsstrategie nennt (United Nations, 1992). Daher wurde von 2005 bis 2014 die Dekade "Bildung für nachhaltige Entwicklung" ausgerufen, in der sich alle Mitgliedsstaaten dazu verpflichteten, das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung in allen Bereichen der Bildung zu verankern (UNESCO, 2005). Seit 2013 liegt in Deutschland das Positionspapier "Zukunftsstrategie BNE 2015+" Impulse zur Bewusstseinsbildung vor. Dort wird Nachhaltigkeit an formalen Bildungseinrichtungen und an non-formalen, außerschulischen Lernorten eingefordert. Des Weiteren wird thematisiert, dass „Bildung für nachhaltige Entwicklung [...] ein notwendiger und grundlegender Beitrag [ist], um nachhaltige Entwicklungen vorsorgend und anpassend zu gestalten, denn innovative nachhaltige Strukturen und Prozesse - etwa auf dem Gebiet der Energiewende können ohne Bildung für nachhaltige Entwicklung nicht implementiert und verstetigt werden“ (Deutsche UNESCO-Kommission, 2013:3). In der Folge wurden zunehmend sowohl im formalen Kontext, wie in Schulen, als auch an non-formalen, außerschulischen Lernorten spezielle Bildungsangebote entwickelt. Besonders das Ökosystem Wald ist daher heute ein fester Bestandteil des bayrischen Lehrplans (ISB, 2015).

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Hierzulande sind es vor allem Wälder, die aufgrund ihrer Holzressourcen sehr intensiv durch den Menschen genutzt werden (Boucher, Arseneault, Sirois, & Blais, 2009), was sich negativ auf deren komplexes Ökosystem auswirkt (Foley et al., 2005). Zusätzlich dienen europäische Wälder auch als große Kohlenstoffsinken (Valentini et al., 2000), durch deren Zerstörung CO₂ freigesetzt und dadurch das Klima (Stichwort Klimawandel) beeinflusst wird. Daher ist es, speziell im Hinblick auf die UN-Dekade, von enormer Bedeutung Wissen über das Ökosystem Wald zu vermitteln.

Vor allem unter dem Aspekt, dass viele Schüler¹ heutzutage kein großes Interesse an der Natur zeigen und zudem oft mangelhafte Artenkenntnisse über die einheimische Tier- und Pflanzenwelt besitzen (Lindemann-Matthies, 2005), sollten entsprechende Bildungsziele umgesetzt werden. Eine Wissensvermittlung durch spezielle Bildungsprogramme soll die nachfolgende Generation dazu befähigen, bewusst nachhaltige Entscheidungen in naturschutzrelevanten Themen zu treffen. Der Fokus derartiger Bildungsprogramme liegt meist auf reiner Wissensvermittlung: Um auch soziale Kompetenzen zu vermitteln, wird in den Bildungsstandards explizit gefordert, Schlüsselkompetenzen, wie etwa Kommunikationsfähigkeit, Zusammenarbeit oder naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, zu fördern (Hypothesenbildung und –prüfung, Interpretation) (KMK, 2005).

Um beidem, Umweltwissen und Schlüsselkompetenzen, gerecht zu werden, als auch die Ziele der UN-Dekade umzusetzen, wurden in der vorliegenden Arbeit im Themenbereich „Ökosystem Wald“ Schülervorstellungen erhoben, ein schülerzentriertes Unterrichtsmodul entwickelt und in Bezug auf den Wissenserwerb der Schüler und dessen Abhängigkeit von Umwelteinstellungen und Persönlichkeitsmerkmalen evaluiert.

¹ Zur besseren Lesbarkeit wird im Folgenden lediglich der Ausdruck „Schüler“ verwendet. Dies schließt immer die Nennung des weiblichen Geschlechts „Schülerinnen“ mit ein.

3.2 Theoretischer Hintergrund

3.2.1 Schülervorstellungen - Fotosynthese und Holzbildung

Bei Schülervorstellungen unterscheidet man im Allgemeinen zwischen sogenannten alternativen und wissenschaftlichen Vorstellungen (Konzepten). Per Definition können alternative Konzepte durch Experimente falsifiziert werden, wissenschaftlich korrekte Konzepte hingegen sind Konzepte, die dem aktuellen wissenschaftlichen Stand entsprechen und durch Versuche verifiziert, jedoch nie falsifiziert, werden können (Schneider & Hardy, 2012).

Bisherige Studien haben gezeigt, dass eine Person zu einem Thema sowohl alternative als auch wissenschaftliche Vorstellungen haben kann. Dies führt zu sogenannten fragmentierten Wissensstrukturen: Wissen, das nicht aufeinander aufbaut, sondern separat abgespeichert wird. Abhängig von den vorherigen Erfahrungen variieren diese Wissensstrukturen von fragmentierten bis zu vollkommen integrierten Wissensstrukturen (Stella Vosniadou & Skopeliti, 2013). Eine Fragmentierung des Wissens führt zu koexistierenden alternativen und wissenschaftlichen Vorstellungen der Schüler (Driver, Asoko, Leach, Scott, & Mortimer, 1994; Thaden-Koch, Dufresne, & Mestre, 2006; Straatemeier & van der Maas, Jansen, 2008).

Die Erfassung von Schülervorstellungen zu den Themengebieten Fotosynthese und Holzbildung geht zurück bis in die 1980er Jahre. Schon damals war man sich der Komplexität dieser Themen bewusst und erkannte die Schwierigkeit einer wissenschaftlich korrekten Vermittlung. Vor allem die Fotosynthese wurde daher als eines der zentralen Themen im Biologieunterricht angesehen (Finley, Stewart, & Yarrock, 1982). Erste Erhebungen über Schülervorstellungen zur Fotosynthese und Holzbildung zeigten vor allem ein spezielles alternatives Konzept: Pflanzen nehmen die benötigten Nährstoffe aus der Erde auf (Haslam & Treagust, 1987; Stavy, Eisen, & Yaakobi, 1987). Damit ist den

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Schülern nicht bewusst, dass es sich bei Pflanzen um autotrophe Organismen handelt, die atmosphärisches Kohlenstoffdioxid (CO₂) in Biomasse umwandeln (Stavy et al., 1987). Schüler und Studenten können zwar die chemische Gleichung der Fotosynthese wiedergeben, allerdings ohne die biologischen Prozesse wirklich verstanden zu haben (Ekici, Ekici, & Aydin, 2007). Oft fehlt ein Gesamtüberblick, der Zusammenhänge in biologischen Themen zu erkennen erlaubt (Stavy, Eisen, & Yaakobi, 1987; Carlsson, 2002; Ekici et al., 2007).

Bisher ist unklar, ob alternative und wissenschaftlich korrekte Vorstellungen zum Thema Fotosynthese und Holzbildung koexistieren und ob sich diese mit dem Alter oder Bildungsgrad ändern.

3.2.2 Schülerzentriertes Lernen an Stationen

In den Bildungsstandards verankert sind sogenannte Schlüsselkompetenzen, die weniger auf das Wissen an sich als auf die Art und Weise abzielen, wie Inhalt und Wissen vermittelt wird. Hierbei werden auch Kompetenzen wie Kommunikationsfähigkeit und Zusammenarbeit genannt (KMK, 2005). Die Steigerung dieser affektiven Kompetenzen kann schwierig durch formales Lernen, wohl aber durch non-formale Lernumgebungen erreicht werden (Hofstein & Rosenfeld, 1996). Non-formales Lernen wird laut Definition dadurch charakterisiert, dass es an außerschulischen Lernorten stattfindet und sich durch schülerzentriertes Arbeiten, Gruppenarbeit und Freiwilligkeit auszeichnet. In einem formalen Kontext hingegen findet Lernen im Klassenraum statt, ist oft lehrerzentriert oder beruht auf Einzelarbeit (Wellington, 1990).

Auch Unterrichtsprogramme und entsprechende Initiativen folgen immer mehr dem non-formalen schülerzentrierten Ansatz. Eine Vielzahl davon bezieht sich auf das Thema Artenschutz, wie beispielsweise Vogel- (Bogner, 1999) oder Amphibienschutz (Randler,

Ilg, & Kern, 2005). Schülerzentriertes Arbeiten findet vor allem in kleineren Gruppen an Lernstationen mit selbsterklärenden Materialien sowie Arbeitsheften statt (Randler, Baumgärtner, Eisele, & Kienzle, 2007). Während der Bearbeitung solcher „Hands-on“-Stationen agiert der Lehrer nur als Mentor und beeinflusst den Lernprozess nur indirekt (Settlage, 2000). Des Weiteren können „Hands-on“-Stationen auch innerhalb des Klassenraumes vor allem bei Umweltthemen das Interesse sowie die Motivation erhöhen und zum kritischen Denken über die Umwelt anregen (Poudel et al., 2005). Zusätzlich wird durch das Lernen in Gruppen die Kooperationsfähigkeit der Schüler gefordert und gleichzeitig gefördert (Lord, 2001). In der vorliegenden Studie wurden schülerzentrierte Lernstationen mit authentischen und natürlichen Materialien zum Thema „Ökosystem Wald“ entwickelt, die für Schüler interessanter, angenehmer und nützlicher sind als lehrerzentrierte Ansätze und Materialien (Sturm & Bogner, 2008). Zudem sind Schüler, die an schülerzentrierten Lernstationen gearbeitet haben, in der Lage auch noch nach mehreren Wochen ihr gelerntes Wissen nahezu vollständig abzurufen (Felder, Baker-Ward, Dietz, & Mohr, 1992; Randler & Bogner, 2006).

3.2.3 Wissen & Umwelteinstellungen

Wissen ist ein wichtiger Bestandteil, wenn es darum geht, eine eigene Meinung zu bilden und reflektiert zu handeln. Vor allem im Bereich Umweltbildung trägt ein breites Grundwissen dazu bei, positive Umwelteinstellungen zu entwickeln und sich letztlich umweltfreundlich zu verhalten (Kaiser, Roczen, & Bogner, 2008a). Sowohl Wissen als auch Umwelteinstellungen können durch Bildungsprogramme (Interventionen) positiv beeinflusst werden (Falk & Balling, 1982; Duerden & Witt, 2010). Dabei bildet vor allem die Wissensvermittlung den Grundstein bei Interventionen, weil unabhängig von der Länge

² Hands-on: aktiv, spielerisch, eher offen gestaltet

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

der Intervention vor allem das Wissensniveau schnell erhöht werden kann (Bogner, 1998; Duerden & Witt, 2010). Auch Umwelteinstellungen können, vor allem bei längeren Interventionen, positiv verändert werden (Bogner, 1999; Johnson & Manoli, 2008). Speziell das Umweltwissen kann demnach dazu beitragen, Umwelteinstellungen und -verhalten von Schülern auf lange Sicht positiv zu verändern (Kollmuss & Agyeman, 2010). Ein empirisches Modell, das Umweltwissen mit Umwelteinstellungen und Umweltverhalten in Beziehung zueinander setzt, wurde von Kaiser, Roczen und Bogner (2008) entwickelt; es beschreibt ein zusammenhängendes System, das den persönlichen Standpunkt gegenüber Umweltthemen darlegt. In diesem Modell wird Umweltwissen in drei Wissensarten unterteilt: Umweltsystemwissen, Handlungswissen und relatives Effektivitätswissen. Dabei besteht Umweltsystemwissen aus Basiswissen über Ökosysteme oder aus grundlegendem Wissen etwa über existierende Umweltprobleme. Handlungswissen hingegen beinhaltet das Wissen über verschiedene Handlungsoptionen in Bezug auf spezifische Umweltprobleme, die richtige Handlungsoption eingeschlossen. Relatives Effektivitätswissen bedeutet das Verständnis, das nötig ist, um das Potential und die Auswirkung verschiedener Handlungsoptionen zu erkennen (Frick, Kaiser, & Wilson, 2004; Kaiser, Oerke, & Bogner, 2007; Kaiser et al., 2008a).

Zur Erhebung der Umwelteinstellungen wurde in dieser Studie die Skala „2-Major Environmental Values“ (2-MEV) verwendet (Bogner & Wiseman, 1999, 2002, 2006). Mithilfe dieser zweidimensionalen Skala können sowohl Naturschutzpräferenzen („Preservation“) als auch Natur(aus)nutzungspräferenzen („Utilization“) von Schülern erhoben werden. Dabei bedeuten hohe Werte in Naturschutzpräferenzen positive Einstellungen gegenüber Naturschutz im Allgemeinen und hohe Werte in Natur(aus)nutzungspräferenzen reflektieren positive Ausnutzungs- und Ausbeutungspräferenzen gegenüber der natürlichen Umwelt. Die 2-MEV-Skala wurde

bereits mehrfach unabhängig überprüft und bestätigt (Milfont & Duckitt, 2004; Johnson & Manoli, 2008; Boeve-de Pauw & Van Petegem, 2011; Borchers et al., 2013).

Das Erlernen der Wissensarten durch eine Intervention und das Behalten dieser über einen Zeitraum von sechs Monaten wurde bisher noch nicht untersucht. Zudem ist das Lernen von Umweltthemen in Abhängigkeit der persönlichen Umwelteinstellungen von Schülern bisher ungenügend erforscht.

Tab. 1: Items zur Messung der Umwelteinstellungen mittels der 2-MEV Skala (Major Environmental Values; Antwortformat: 5-stufige Likert-Skala) (Items entnommen aus Kibbe, Bogner, & Kaiser, 2014).

1	+ Es macht mich traurig, wenn Naturlandschaften bebaut werden.
2	+ Ich spare Wasser indem ich dusche anstelle zu baden.
3	+ Die Menschen werden aussterben, wenn sie nicht bald in Einklang mit der Natur leben.
4	+ Ich schalte immer das Licht aus, wenn ich es nicht mehr brauche.
5	+ Schmutziger Rauch aus Fabrikaminen macht mich wütend.
6	+ Es ist interessant zu wissen, welche Kreaturen in Teichen und Flüssen leben.
7	- Man braucht kein Land für den Natur- und Artenschutz vorsehen.
8	- Unsere Gesellschaft wird weiterhin auch die größten Umweltprobleme lösen.
9	- Die stille Natur draußen macht mich ängstlich.
10	- Am Rand eines Weihers zu sitzen und Libellen zu beobachten ist langweilig.
11	+ Unser Planet hat unbegrenzte Ressourcen.
12	+ Die Natur ist immer in der Lage, sich selbst wieder herzustellen/ zu erholen.
13	+ Wir müssen Wälder roden, damit Getreide angebaut werden kann.
14	+ Wir müssen mehr Straßen bauen, damit die Leute aufs Land fahren können.
15	+ Die Menschen machen sich zu viel Sorgen über die Umweltverschmutzung.
16	- Unkräuter sind genauso wichtig wie hübsche Blumen.
17	- Sich Sorgen um die Umwelt zu machen hält den Forstschritt nicht auf.
18	- Menschen haben nicht das Recht, die Natur zu ändern, wie sie es für richtig halten.
19	- Menschen sind nicht wichtiger als andere Lebewesen.
20	- Nicht nur Pflanzen und Tiere von wirtschaftlicher Bedeutung sollten geschützt werden.
Bemerkung: Antwortmöglichkeiten in fünfstufigen Likert-Skala: "völlig richtig", "ziemlich richtig", "unentschieden", "ziemlich falsch", "völlig falsch"	

3.2.4 Persönlichkeitsmerkmale

Die Persönlichkeitserfassung eines Menschen ist ein weites Forschungsfeld und führte mit der Zeit zu diversen Skalen, die die Persönlichkeit psychometrisch korrekt abbilden (McCrae & Costa, 1987; Eysenck, 1990). In den letzten Jahrzehnten hat vor allem das sogenannte Fünf-Faktoren-Modell zur Bestimmung der individuellen Persönlichkeit weltweit eine gewisse Akzeptanz erreicht (Rammstedt & John, 2005). Die sogenannten „Big-Five“ (Goldberg, 1981) wurden erstmals in den 1980er Jahren zum Erfassen von Persönlichkeitsmerkmalen herangezogen. Zu den Dimensionen werden Extraversion, Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit, Neurotizismus und Offenheit für Erfahrungen gezählt (John, Donahue, & Kentle, 1991). Nach John und Srivastava (1999) und Roccas, Sagiv, Schwartz, & Knafo (2002) definieren sich die Dimensionen wie folgt:

Extraversion. Personen mit hohen Werten sind eher extrovertierte Persönlichkeiten. Sie sind meist sozial, gesprächig, durchsetzungsfähig und aktiv. Personen mit niedrigen Werten sind eher introvertierte Menschen. Sie sind meist reserviert, zurückhaltend und vorsichtig.

Verträglichkeit. Personen mit hohen Werten sind eher gutmütig, verträglich, bescheiden, freundlich und kooperativ. Personen mit niedrigen Werten tendieren dagegen dazu, leicht reizbar, rücksichtslos, unflexibel und misstrauisch zu sein.

Gewissenhaftigkeit. Personen mit hohen Werten sind eher vorsichtig, sorgfältig, verantwortungsvoll, organisiert und gewissenhaft. Personen mit niedrigen Werten sind eher unorganisiert, verantwortungs- und gewissenlos.

Neurotizismus. Personen mit hohen Werten sind eher besorgt, bedrückt, zornig und unsicher. Personen mit niedrigen Werten tendieren dazu gelassen, selbstsicher und emotional stabil zu sein.

Offenheit für Erfahrungen. Personen mit hohen Werten sind meist intellektuell, sensibel, einfalls- bzw. ideenreich und aufgeschlossen. Personen mit niedrigen Werten tendieren dazu, pragmatisch, unsensibel und konventionell zu sein.

Die Skalen zur Messung der „Big Five“ wurden nach und nach von 240 Items im NEO-Personality Inventory (NEO-PR-I) (Costa & McCrae, 1992) gekürzt. Aus dem sogenannten Big-Five-Inventory-44 (BFI-44) (John et al., 1991) wurde die Itemzahl schließlich auf 10 Items gekürzt: Big Five Inventory-10 (BFI-10) (Gosling, Rentfrow, & Swann, 2003; Rammstedt & John, 2007). Dieser kurze BFI-10 erlaubt eine schnelle, valide Erhebung von Persönlichkeitsmerkmalen. Dies gilt vor allem, wenn der Erhebungszeitraum begrenzt und deswegen die Fragebögen kurz gehalten werden müssen sowie die Erfassung der reinen Persönlichkeitsmerkmale nicht das Hauptziel der Studie darstellt (Gosling et al., 2003). Aus diesem Grund wird der BFI-10 mittlerweile genutzt, um über Kreuzvalidierung zusätzliche Information zu erheben (Furnham, McManus, & Scott, 2003; Randler, 2008; Randler, Baumann, & Horzum, 2014).

Tab. 2: Items des Big Five-Inventory-10 (BFI-10).

Inwieweit treffen die folgenden Aussagen auf dich zu?					
Ich ...	Trifft über- haupt nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Eher zutreffend	Triff voll und ganz zu
<i>1R</i> ... bin eher zurückhaltend, reserviert.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>2</i> ... schenke anderen leicht Vertrauen, glaube an das Gute im Menschen.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>3R</i> ... bin bequem, neige zur Faulheit.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>4R</i> ... bin entspannt, lasse mich durch Stress nicht aus der Ruhe bringen.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>5R</i> ... habe nur wenig künstlerisches Interesse.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>6</i> ... gehe aus mir heraus, bin gesellig.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>7R</i> ... neige dazu, andere zu kritisieren.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>8</i> ... erledige Aufgaben gründlich.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>9</i> ... werde leicht nervös und unsicher.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>10</i> ... habe eine aktive Vorstellungskraft, bin phantasievoll.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Bemerkung:
Extraversion: 1R, 6; Verträglichkeit: 2, 7R; Gewissenhaftigkeit: 3R, 8; Neurotizismus: 4R, 9; Offenheit für Erfahrungen: 5R, 10 (R: Item ist revers codiert)

3.3 Ziele und Fragestellungen der Teilstudien

In der heutigen medienorientierten und mobilen Welt halten sich Kinder und Jugendliche kaum noch in der Natur auf, was dazu führt, dass sie sich immer weniger mit dieser beschäftigen (Louv, 2005). Die Folge ist, dass Schüler oft nicht mehr in der Lage sind, einheimische Pflanzen- und Tierarten ausreichend zu bestimmen (Lindemann-Matthies, 2002). Nicht nur die Bestimmung fällt Schülern schwer, auch das Bewusstsein, dass es sich bei Pflanzen um autotrophe Organismen handelt, ist weitestgehend nicht vorhanden (Braun, & Schrenk, 2012).

Aus diesem Grund wurden in der ersten Teilstudie Schülervorstellungen zum Thema Fotosynthese und Holzbildung erhoben (Teilstudie A). Für die zwei folgenden Teilstudien wurde ein Unterrichtsmodul zum Thema Arten- und Naturschutz im Ökosystem Wald entwickelt, um Schülern die einheimische Tier- und Pflanzenwelt näherzubringen und eigene Verantwortung für deren Schutz zu vermitteln. Hierbei wurde mithilfe von schülerzentrierten Lernstationen und authentischem Lehrmaterial gearbeitet. Ziel der Intervention war es, das Wissen der Schüler über das Ökosystem Wald langfristig zu erhöhen (Teilstudie B). Zudem sollten mögliche Zusammenhänge zwischen persönlichen Umwelteinstellungen und langfristigem Wissenserwerb getestet werden, um Lernprozesse zu evaluieren und zu optimieren (Teilstudie C). In der letzten Teilstudie wurde überprüft, ob es einen Zusammenhang zwischen den fünf Persönlichkeitsmerkmalen („Big Five“) der Schüler und den individuellen Umwelteinstellungen gibt (Teilstudie D).

Teilstudie A

Wie bereits beschrieben sind alternative Vorstellungen im Bereich Fotosynthese und Holzbildung seit den 1980er Jahren bekannt (Haslam & Treagust, 1987). Offen blieb jedoch die Frage der Koexistenz alternativer und wissenschaftlich korrekter Vorstellungen

in diesem Bereich und ob es geschlechtsspezifische Unterschiede gibt. Aus diesem Grund lauten die Forschungsfragen dieser Teilstudie:

- (I) Koexistieren alternative und wissenschaftliche Vorstellungen zum Thema Fotosynthese und Holzbildung?
- (II) Welchen Einfluss haben die Faktoren Geschlecht, Alter und Bildungsniveau auf die Ausprägung von alternativen oder wissenschaftlichen Vorstellungen?

Teilstudie B

Diverse Studien haben bereits nachgewiesen, dass Umweltwissen durch Unterrichtsprogramme gesteigert werden kann (e.g. Bogner, 1998; Duerden & Witt, 2010). Interventionen, die den Wissenszuwachs der drei Umweltwissensarten, Umweltsystemwissen, Handlungswissen und relatives Effektivitätswissen und den Einfluss des Geschlechts auf den Wissenserwerb, untersuchen, sind weniger häufig (Fremerey & Bogner, 2014; Liefländer, Bogner, Kibbe, & Kaiser, 2015). Außerdem wurde der Wissenserwerb im Umweltwissen, unterteilt in die drei Wissensarten (nach Kaiser et al., 2008), bisher nie längerfristig (mehr als 6 Wochen nach der Intervention) untersucht. In Anlehnung an den bisherigen Forschungsstand lauteten die Forschungsfragen für diese Teilstudie daher:

- (I) Lernen Schüler durch die halbtägige Intervention kurz-, mittel- sowie langfristig dazu?
- (II) Unterscheidet sich der zu erwartende Wissenszuwachs der Schüler je nach Wissensart (Umweltsystemwissen, Handlungswissen und relatives Effektivitätswissen) kurz-, mittel-, und langfristig?
- (III) Welchen Einfluss hat das Geschlecht auf den zu erwartenden kognitiven Wissenserwerb?

- (IV) Erreichen Schüler durch die schülerzentrierten Lernstationen auch sechs Monate nach der Intervention einen langfristigen Wissenszuwachs?

Teilstudie C

Innerhalb der Gesamtstudie war neben dem zu erwartenden Wissenserwerb vor allem der Einfluss persönlicher Umwelteinstellungen auf den Wissenserwerb von Bedeutung. Der Einfluss, den individuelle positive oder negative Umwelteinstellungen auf den Wissenszuwachs von Schülern haben, wurde bisher nur einmal untersucht (Fremerey & Bogner, 2015). Hierbei fehlt bislang, inwieweit der Lernzuwachs pro Wissensart von den Umwelteinstellungen abhängt und wie sich diese auf einen langfristigen (6 Monate) Wissenszuwachs auswirken. Daher war es das Ziel dieser Studie herauszufinden, welchen Einfluss Umwelteinstellungen, gemessen mit dem 2-MEV (Kibbe et al., 2014), sowie das Geschlecht auf den Wissenszuwachs der Schüler haben. Die Forschungsfragen lauteten daher:

- (I) Welche Umwelteinstellungen in Bezug auf Naturschutz- und Natur(aus)nutzungspräferenz haben die Schüler?
- (II) Gibt es bezüglich der Umwelteinstellungen einen Geschlechterunterschied?
- (III) Wie verhält sich der zu erwartende kognitive Wissenszuwachs in Abhängigkeit von den persönlichen Umwelteinstellungen über einen kurz-, mittel- und langfristigen Zeitraum?
- (IV) Haben die persönlichen Umwelteinstellungen einen Einfluss auf den kognitiven Wissenserwerb der drei Wissensarten (Umweltsystemwissen, Handlungswissen und relatives Effektivitätswissen)?

Teilstudie D

Persönlichkeitsmerkmale könnten bestimmen, ob man eher Naturschützer oder - (aus)nutzer ist. Eine Studie von Wiseman & Bogner (2003) nahm die Big-3 als Grundlage. Eine Korrelationsstudie mit dem Fünf-Faktoren Modell, dem Big Five Inventory-10 (BFI-10), ist dagegen noch ausstehend (Gosling et al., 2003; Rammstedt & John, 2007). In dieser Teilstudie war es daher das Ziel, die oben genannte Forschungslücke in Bezug auf den Zusammenhang zwischen individuellen Umwelteinstellungen und den fünf Persönlichkeitsmerkmalen zu schließen. Die Forschungsfrage lautete daher:

- (I) Inwieweit sind individuelle Umwelteinstellungen, Naturschutz- oder Natur(aus)nutzungspräferenzen von den fünf Persönlichkeitsmerkmalen der Schüler abhängig?

3.4 Material und Methoden

3.4.1 Unterrichtsmodul

Die Interventionsstudie „Unser Wald?! Natur- und Artenschutz im Ökosystem Wald“ wurde im Klassenraum durchgeführt. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen wurden Stationen entwickelt, die non-formales Lernen schülerzentriert, aktiv und kooperativ in formalem Kontext, sprich im Klassenraum, ermöglichen.

Der thematische Fokus lag auf der Vermittlung von Wissen über das „Ökosystem Wald“ in Anlehnung an den bayrischen Lehrplan der Mittel- (MS) und Realschulen (RS). Hierbei wurden unter anderem folgende Themen angesprochen: Lebensgemeinschaft und Lebensraum Wald (*RS B6.5 Lebensgemeinschaft Wald; MS Physik/Chemie/Biologie (P/C/B) 8.2 Lebensgemeinschaft Wald mit 8.2.1 Pflanzen und Tiere im Wald, 8.2.3 Funktion des Waldes*), Artenkenntnis einheimischer Arten und deren Schutz (*MS P/C/B 7: 7.1.4 Lebensraum Vögel, Kennübungen, Artenschutz*), Lebewesen im Boden (*MS P/C/B*

8.1.1 *Lebewesen im Boden*) und Fotosynthese (RS B6.4 *Stoffwechsel bei Pflanzen*; MS P/C/B 8.2.2 *Nahrungsbeziehungen – Stoffkreisläufe (Photosynthese)*)).

Die Intervention bestand aus insgesamt acht Lernstationen³ (sechs obligat; zwei fakultativ) (Tab. 3) und dauerte 90 Minuten (entspricht zwei Schulstunden). Die Lernstationen waren schülerzentriert aufgebaut (Sturm & Bogner, 2008; Gerstner & Bogner, 2010) und enthielten authentisches Material, wie einen stehenden Totholzstamm mit Specht-Höhlen, sowie Originalobjekte, beispielsweise eine Holzscheibe oder Specht-Präparate. Mithilfe eines Arbeitsheftes wurde selbstständig in Kleingruppen von 3-4 Schülern an den Lernstationen gearbeitet. Die Schüler hatten für jede Station rund 15 Minuten Bearbeitungszeit. Nach einer circa 5-minütigen Einführung agierte der Betreuer lediglich als Mentor bei aufkommenden Fragen. Um den Einfluss des Betreuers so gering wie möglich zu halten, wurde die Intervention immer von der gleichen Person geleitet. Zur Sicherung des Erlernten lagen zwei Lösungshefte aus. Diese standen jeder Gruppe nach der Durchführung jeder Station zur verpflichtenden Kontrolle ihrer Antworten zur Verfügung, um ihre Antworten ergänzen oder korrigieren zu können. Die obligaten Lernstationen waren wie folgt aufgebaut:

Tab. 3: Überblick der schülerzentrierten „Hands-on“-Lernstationen der Intervention „Unser Wald?! Natur- und Artenschutz im Ökosystem Wald“.

Lernstationen	
obligat	
1	Alt wie ein Baum - Dendrochronologie
2	Was lebt in der Waldstreu?
3	Umweltverschmutzung im Wald
4	Totholz und seine Bewohner
5	Baum ist Luft - wie jetzt?
6	Mein ökologischer Fußabdruck
fakultativ	
7	Der Wald und seine Bäume
8	Jäger der Nacht - Fledermäuse

³ Die Arbeitsmaterialien der einzelnen Lernstationen sowie das Arbeits- und Lösungsheft der Intervention liegen aus urheberrechtlichen Gründen in einem gesonderten Anhang dieser Arbeit bei.

- 1.) **„Alt wie ein Baum – Dendrochronologie“:** Hier lag den Schülern als Originalobjekt eine Baumscheibe vor, an der sie unter anderem die Jahresringe zählen sollten, um das Alter der Fichte zu bestimmen. Außerdem wurden sie an dieser Station auf den Unterschied zwischen Früh- und Spätholz sowie auf die Abhängigkeit der Jahresringdicke von abiotischen und biotischen Faktoren aufmerksam gemacht.
- 2.) **„Was lebt in der Waldstreu?“:** Ziel dieser Station war es, den Schülern die Bodenfauna verschiedener Habitate näher zu bringen. Hierfür untersuchten die Lernenden drei Behälter mit Bodenproben aus Wald, Wiese und Acker und sollten dabei bestimmen, in welchem der Bodenproben die meisten Bodenorganismen vorkommen.
- 3.) **„Umweltverschmutzung im Wald“:** An dieser Station wurden die Schüler dazu aufgefordert, alltägliche Gebrauchsgegenstände wie Zeitungspapier, Streichhölzer, Plastikbehälter, Kaugummi oder Glas aufgrund ihrer Abbaurate einem Zeitstrahl zuzuordnen.
- 4.) **„Totholz und seine Bewohner“:** Ziel dieser Station war es, die ökologische Notwendigkeit von Totholz zu vermitteln. Dabei sollten Schüler sowohl erkennen, dass es stehendes und liegendes Totholz gibt, sowie welchen Tierarten Totholz als Habitat oder Nahrungsquelle dient. Als authentisches Material diente ein 1 Meter hoher Buchenholzstamm mit unterschiedlich großen Höhlen verschiedener Specht Arten.
- 5.) **„Baum ist Luft - wie jetzt?“:** In dieser Station wurde Wissen zum Thema Fotosynthese und Holzbildung vermittelt. Dazu stand als authentisches Material ein aufklappbarer Baumstamm zur Verfügung, mit dessen Hilfe Schüler die didaktisch reduzierte Fotosynthesegleichung sowie Substanzen, die zur Holzbildung nötig sind, genauer betrachteten. Hierbei sollten die Schüler vor allem lernen, dass der Baum sein Holz aus dem Kohlenstoffdioxid der Luft synthetisiert.

6.) **„Mein ökologischer Fußabdruck“:** Jeder ökologische Fußabdruck ist individuell verschieden, daher bestimmten die Schüler an dieser Station als erstes die Größe ihres eigenen Fußabdruckes mit einem kurzen einfachen Test. Anschließend wurden ihnen Handlungsoptionen gezeigt, um ihren Fußabdruck in Zukunft zu verringern.

Die zwei zusätzlichen fakultativen Lernstationen enthielten folgende Informationen:

7.) **„Der Wald und seine Bäume“:** Hier gab es ein Puzzle aus Originalobjekten. Baumscheiben fünf verschiedener Arten (Buche, Eiche, Linde, Fichte, Kiefer) lagen in einzelnen Tortenstücken vor und mussten wieder zu ganzen Baumscheiben zusammengefügt werden. Hier lernten die Schüler vor allem die Baumarten anhand ihrer Rinde zu unterscheiden. Zudem lagen Steckbriefe mit den wichtigsten Merkmalen wie Blätter, Früchte und Rinde aus.

8.) **„Jäger der Nacht – Fledermäuse“:** An dieser Station lag ein Poster mit Informationen zu einheimischen Fledermausarten aus. Die Schüler informierten sich über den Jahreszyklus, Nahrung und Gefährdungsstatus waldbewohnender Fledermausarten.

3.4.2 Datenerhebung und -auswertung der Teilstudien A-D

In Abhängigkeit der Ziele und Fragestellungen variierte das Design der Teilarbeiten dieser Studie. In Teilstudie A wurden sowohl Schüler der Jahrgangsstufe 6 und 10 als auch Studenten mit und ohne naturwissenschaftlichem Studienfach befragt. Für die Teilstudien B-D wurde jeweils die gleiche Schülerstichprobe (Schüler der Jahrgangsstufen 6-8) verwendet. Alle Daten wurden mittels Papier-Bleistift-Test erhoben. Dabei wurden die Daten für die Teilstudien A und D einmalig und unabhängig von der speziell entwickelten Intervention erhoben. Die Daten der Teilstudien B und C hingegen wurden in einem quasi-experimentellen Design zu vier Testzeitpunkten (2 Wochen vor der Intervention, direkt

nach der Intervention sowie 6-8 Wochen und 6-8 Monate nach der Intervention) erhoben, um die Änderung des Wissenslevels durch die Intervention zu quantifizieren (Abb. 1).

Die Teilnahme der Schüler war freiwillig und erfolgte nach Zustimmung der Lehrkraft und Eltern.

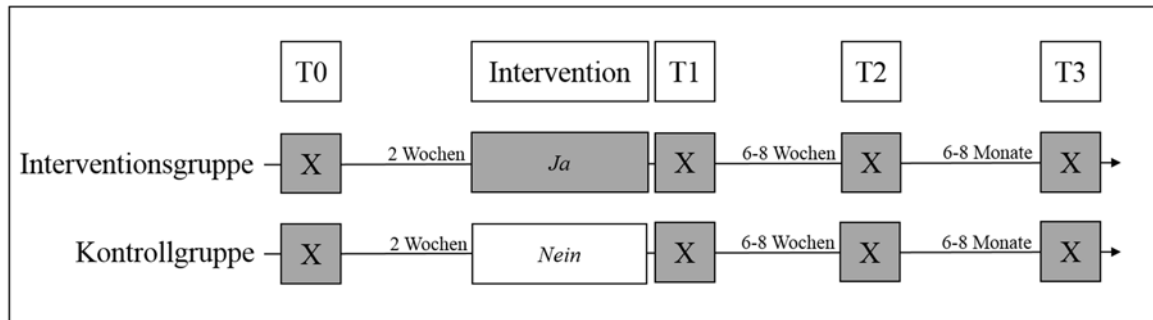


Abb. 1: Studiendesign der Teilstudien B und C. Die Teilnehmerzahl belief sich auf insgesamt N=301 Schüler, aufgeteilt in Interventionsgruppe (n=261) und Kontrollgruppe (n=40). (Anmerkungen: T0=Vortest, T1= Nachtest, T2=Behaltenstest 1, T3=Behaltenstest 2; X: Ausfüllen der Fragebögen).

Teilstudie A

In der ersten Teilstudie füllten insgesamt 885 Teilnehmer (46.2% männlich; 53.8% weiblich; Durchschnittsalter $M=18.71$ $SD\pm 3.87$) den Fragebogen zu Schülerbeziehungswise Studentenvorstellungen aus (eine genauere Beschreibung der Stichprobe ist in Tab. 4 einsehbar). Die Erhebung der Schüler- sowie Studentenvorstellungen erfolgte mittels zwei offener Fragen, um jede Einschränkung der Antworten zu vermeiden und alle vorhandenen Vorstellungen aufzunehmen. Die offenen Fragen lauteten:

A.) Einer der ältesten Bäume Bayerns ist eine Eiche. Sie ist 500 Jahre alt und 18m hoch. Zähle auf, was der Baum deiner Meinung nach tagsüber aus seiner Umgebung aufnehmen muss, um so einen Stamm zu bilden?

B.) Erkläre mit Hilfe der oben genannten Begriffe, wie genau der Baum deiner Meinung nach das Holz für seinen Stamm bildet?

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Die Antworten beider Fragen wurden unabhängig voneinander induktiv mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2001) analysiert. Die Objektivität des Kategoriensystems wurde von 10% der Kategorien durch die Intra- und Interrater Reliabilität mittels des Cohen's Kappa Koeffizienten gewährleistet (Cohen, 1960). Die Analyse ergab insgesamt elf Kategorien für jede Frage, die zu alternativen oder wissenschaftlichen Vorstellungen (Konzepten) zusammengefasst wurden (Frage A: fünf wissenschaftliche und sechs alternative Konzepte; Frage B: sechs wissenschaftliche und fünf alternative Konzepte).

Tab. 4: Stichprobe der Teilnehmer zur Befragung von Vorstellungen zu Fotosynthese und Holzbildung unterteilt nach Bildungsstand ($N=885$).

Bildungsstand	Teilnehmer	männlich [%]	weiblich[%]	Alter \pm <i>SD</i>
Jahrgangstufe 6	167	47,9	52,1	12,86 \pm 0,98
Jahrgangstufe 10	103	51,5	48,5	15,60 \pm 0,60
Naturwissenschaftsstudenten	306	56,1	43,9	20,59 \pm 2,00
Andere Studenten	309	35,2	64,8	20,92 \pm 2,60
Gesamt	885	46.2	53.8	18.71 \pm 3.87

Die statistische Auswertung fand mit dem Programm R (The R Development Core Team 2014, Version 3.1.1; www.r-project.org) statt. Um die Koexistenz von alternativen und wissenschaftlichen Konzepten zu überprüfen und die Anzahl der Cluster festzulegen, wurde eine hierarchische Clusteranalyse (Funktion *hclust*, R-Paket *stats*) nach Ward genutzt (Norusis, 1993). Anschließend wurde eine k-means Clusteranalyse (Funktion *k-mean*, R-Paket *stats*) angewandt, um die Clusterstruktur zu ermitteln (Anderberg, 1973). Der Ansatz wurde mittels einer Kontingenztafel validiert (Tibshirani & Walther, 2005).

Um den Einfluss von Bildungsstand, Alter und Geschlecht simultan auf die Expression von alternativen und wissenschaftlichen Konzepten (0 bis 5/6) zu testen, wurde

eine ordinale, logistische Regression (Funktion *polr*, Paket *MASS*) angewandt (Agresti, 2002). Zusätzlich wurden die Fragen (A und B) als Faktor mit in das Modell aufgenommen, um auf mögliche Unterschiede in der Anzahl von alternativen und wissenschaftlichen Konzepten zwischen den beiden Fragen (A einfache Aufzählung, B komplexe Zusammenhänge) zu kontrollieren. Ergänzend wurden binomiale, lineare Modelle (function *glm*, R package *stats*) genutzt (McCullagh & Nelder, 1989), um den Effekt von Bildungsstand, Alter und Geschlecht auf die Koexistenz von wissenschaftlichen und alternativen Konzepten (Konzept vorhanden=1, Konzept nicht vorhanden=0) als Zielgröße zu testen. Um in beiden Modellen die verschiedenen Gruppen (Bildungsstand) untereinander vergleichen zu können, wurde die Funktion *glht* im Paket *multcomp* genutzt, die kategoriale Mehrfachvergleiche mit automatisch adjustierten *p*-Werten erlaubt (Hothorn, Bretz, & Westfall, 2008).

Teilstudie B

Die Teilnehmerzahl dieser Teilstudie belief sich auf insgesamt $N=301$ Schüler der Jahrgangstufen 6 bis 8 aus elf Klassen. Davon waren $n=261$ Schüler in der Interventionsgruppe (45,6% männlich; 56,6% weiblich; Durchschnittsalter $M=12,35$ $SD\pm 0,85$) und $n=40$ in der Kontrollgruppe (65% männlich; 35% weiblich; Durchschnittsalter $M=12,86$ $SD\pm 1,08$). Die Kontrollgruppe nahm nicht an der Intervention teil, füllte jedoch identisch zur Interventionsgruppe zu allen Testzeitpunkten die Fragebögen aus, um einen Wissenszuwachs allein durch den verwendeten Fragebogen auszuschließen (Scharfenberg, Bogner, & Klautke, 2006). Die kognitiven Leistungen der Schüler wurden durch insgesamt 36 multiple-choice Wissensitems überprüft. Jedes Item hatte vier Distraktoren (Antworten) zur Auswahl; jeweils nur einer der Distraktoren war korrekt (korrekt=1, inkorrekt=0). Sowohl die Wissensitems als auch die Distraktoren waren zu jedem Testzeitpunkt zufällig angeordnet (R: Funktion *sample*, Paket *BASE* in R). Die

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Wissensitems wurden zu vier Testzeitpunkten beantwortet: zwei Wochen vor der Intervention (T0), um das Vorwissen zu erheben, direkt nach der Intervention (T1) und 6-8 Wochen (T2) sowie 6-8 Monate (T3) nach der Intervention (Abb. 1). Dabei entfielen jeweils 12 Items auf Umweltsystemwissen, Handlungswissen und relatives Effektivitätswissen. Die Reliabilität des ad-hoc Wissenstests (Nachtest T1) wies ein Cronbach's Alpha von 0,84 auf (Lienert & Raats, 1994).

Die Qualität des ad-hoc Wissenstestes wurde mittels dem Rasch-Modell für dichotome Items gewährleistet. Dieses probabilistische Modell beschreibt die Wahrscheinlichkeit der korrekten Antworten als Funktion der Itemschwierigkeit und der Personenfähigkeit (Bond & Fox, 2007). Das Programm QUEST diente zur Berechnung des Rasch-Modells, hierfür wurden die Mittelwerte (pro Testzeitpunkt und Schüler mit 1=korrekte Antwort; 0=inkorrekte oder fehlende Antwort) herangezogen (Adams & Khoo, 1996).

Die anschließende statistische Auswertung fand mit dem Programm R (The R Development Core Team 2014, Version 3.1.1; www.r-project.org) statt. Hierbei wurde der Mittelwert des Wissens pro Schüler als Zielgröße („target variable“), Wissensart und Testzeitpunkt als fixe Effekte („fixed factor“) und Schultyp, Schüler-ID und Geschlecht als Zufallseffekte („random factor“) in einem linearen, gemischten Modell (Funktion *lmer*, Paket *lme4*) getestet (Methode siehe Bolker et al., 2009). Dieses Modell ermöglicht eine Berücksichtigung von Messwiederholungen (Mehrfachbefragung der Schüler) und eventuelle Unterschiede von einzelnen Schülern und Schulen durch die Einbindung als Zufallsfaktor in das Modell (Bolker et al., 2009). Der kategoriale Mehrfachvergleich zwischen den Testzeitpunkten wurde ebenfalls mit der Funktion *glht* (Paket *multcomp*) durchgeführt (Hothorn et al., 2008).

Teilstudie C

In dieser Teilstudie nahmen $N=261$ Schüler (45,6% männlich; 56,6% weiblich; Durchschnittsalter $M=12,35$ $SD\pm 0,85$) der Jahrgangstufe 6 bis 8 aus elf Klassen teil. Zusätzlich zum kognitiven Wissen in Teilstudie B wurden hier Umwelteinstellungen mithilfe der 2-Major Environmental Values (2-MEV) Skala erhoben. Diese zweidimensionale Skala bildet zwei Faktoren mit jeweils 10 Items für Naturschutzpräferenzen („Preservation“) und Natur(aus)nutzungspräferenzen („Utilization“) ab. Schüler konnten auf die insgesamt 20 Items mit einer fünfstufigen Likert-Skala (von „völlig richtig“ bis „völlig falsch“) antworten (Tab. 1). Die Reliabilität der 2-MEV Skala lag für den Faktor Naturschutzpräferenz bei einem Cronbach's Alpha von 0,76 und für den Faktor Natur(aus)nutzungspräferenz bei 0,63.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm R (The R Development Core Team 2014, Version 3.1.1; www.r-project.org). Der Wissenserwerb wurde mithilfe eines linearen gemischten Modells (Funktion *lmer*, Paket *lme4*) berechnet (Methode siehe Bolker et al., 2009). Hierbei wurde der Mittelwert des Wissens pro Student als Zielgröße („target variable“) sowie alle vier Testzeitpunkte, der Mittelwert von Naturschutz- und Natur(aus)nutzungspräferenz und Geschlecht als fixe Effekte („fixed factor“) und Schultyp sowie Schüler-ID als Zufallseffekte („random factor“) eingesetzt. Auch der Wissenserwerb zu unterschiedlichen Testzeitpunkten wurde mit einem linearen gemischten Modell getestet. Diesmal wurde der Mittelwert des Wissens pro Schüler zu jedem der vier Testzeitpunkte (T0, T1, T2 und T3) als Zielgröße, Mittelwert von Naturschutz- und Natur(aus)nutzungspräferenz und Geschlecht als fixe Effekte („fixed factor“) und Schultyp und Schüler-ID als Zufallseffekte („random factor“) eingestellt. Der Mittelwert des Wissens pro Schüler zu den Zeitpunkten T0, T1, T2 und T3 diente als statistische Basis (mithilfe eines *offset*-Terms in der Modellformel), um die Abhängigkeit des

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Wissenszuwachs von Naturschutz- beziehungsweise Natur(aus)nutzungspräferenzen zwischen den Testzeitpunkten quantifizieren zu können. Um den Wissenszuwachs zwischen den Testzeitpunkten zu vergleichen wurden kategoriale Mehrfachvergleiche mit simultan adjustierten *p*-Werten verwendet (Hothorn et al., 2008).

Teilstudie D

In der letzten Teilstudie nahmen Schüler der Jahrgangstufen 6 bis 8 aus 13 Klassen teil ($N=301$; 52,82% männlich; 47,18% weiblich; Durchschnittsalter $M=12,79$ $SD\pm 1,07$). Für diese Studie wurden zusätzlich zu den bereits erhobenen Umwelteinstellungen (durch den 2-MEV) die Persönlichkeitsmerkmale der Schüler mithilfe des Big Five Inventory-10 (BFI-10) erhoben. Diese Skala misst die fünf Persönlichkeitsdimensionen Extraversion, Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit, Neurotizismus und Offenheit für Erfahrungen mit jeweils zwei Items, eines davon je revers formuliert. Die Antwortmöglichkeiten für diese Skala war eine fünfstufige Likert-Skala (von „völlig richtig“ über „unentschieden“ bis „völlig falsch“).

Die statistische Auswertung erfolgte mit R (The R Development Core Team 2014, Version 3.1.1; www.r-project.org). Pro Student wurden die Mittelwerte für Naturschutz- und Natur(aus)nutzungspräferenz (2-MEV) sowie für jede der fünf Persönlichkeitsdimensionen (BFI-10) berechnet. Zur Überprüfung der Abhängigkeit der beiden Umwelteinstellungsfaktoren sowie die Persönlichkeitsmerkmale untereinander, wurde eine Korrelation nach Pearson für normalverteilte Daten (Funktion *cor.test*, Paket *stats*) angewandt. Zur Bestimmung der Effektstärke der Korrelationen wurde der Pearsons *rho* (*r*) Korrelationskoeffizient mit $0,10 \leq r \leq 0,29$ für kleine, $0,30 \leq r \leq 0,49$ für mittlere und $r \geq 0,50$ für große Korrelationen herangezogen (Cohen, 1960). Um den Einfluss der fünf Persönlichkeitsdimensionen des BFI-10 auf die mittlere Naturschutzpräferenz bzw. Natur(aus)nutzungspräferenz (2-MEV) zu testen, wurden gemischte lineare Modelle

verwendet (Funktion *lm*, Paket *stats*). Geschlecht und Alter wurden als zusätzliche Prädiktoren („fixed effect“) in die Modellformel eingesetzt (Methode siehe Wilkinson & Rogers, 1973).

3.5 Ergebnisse und Diskussion

Teilstudie A

In Teilstudie A wurden die Vorstellungen von Schülern und Studenten zur Fotosynthese und zur Holzbildung mit zwei offenen Fragen erfasst. Für Frage A, was ein Baum tagsüber aus seiner Umgebung aufnehmen muss, ergaben sich fünf wissenschaftliche („CO₂“, „O₂“, Wasser“, Mineralien“, „Sonne/Licht“) und sechs alternative Konzepte („Nahrung“, „frische Luft“, „Nährstoffe aus dem Boden“, „Wärme“, „Schutz“, „andere alternative Konzepte“). Für Frage B, wie er diese Stoffe nutzt, um Holz zu bilden, ergaben sich sechs wissenschaftliche (durch „Lignifizierung“, „Fotosynthese“, „Bildung einer neuen Holzschicht“, durch „Cellulose (chemischer Prozess)“, „Licht & Sonnenschein“, „mit Energie“) und fünf alternative Konzepte (durch Einlagerung von „Wasser & Mineralien“, „Ablagerungen“, „Umwandlung von Nährstoffen aus dem Boden“, „Angleichen von Nährstoffen und Erde“ und „andere alternative Konzepte“).

Es konnte durch die Clusteranalyse gezeigt werden, dass alternative und wissenschaftliche Vorstellungen sowohl zur Fotosynthese als auch zur Holzbildung gleichzeitig von Schülern und Studenten genannt werden. Beide Vorstellungen koexistieren demnach in den Köpfen der Schüler und Studenten, damit handelt es sich jeweils um fragmentierte Wissensstrukturen zur Fotosynthese und Holzbildung. Zusätzlich zeigte sich ein Trend: Je höher der Bildungsstand und je älter die Teilnehmer, desto mehr wissenschaftlich korrekte Konzepte wurden genannt. Das Wissensprofil wird mit höherer Bildung und Alter demnach integrierter. Zu einem solchen Ergebnis kamen auch Liu und Lesniak (2006), die zeigten, dass von der 1. bis zur 10. Jahrgangstufe Erklärungen für

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

chemische Zusammensetzungen verschiedener Substanzen von der makroskopischen zur mikroskopischen Ebene zunehmen und somit das Wissen immer mehr integriert wird. Zudem zeigten Naturwissenschaftsstudenten signifikant mehr wissenschaftliche Konzepte in Frage A und signifikant weniger alternative Konzepte in beiden Fragen im Vergleich zu anderen Studenten. Nichtsdestotrotz zeigten auch Naturwissenschaftsstudenten noch fragmentiertes Wissen und behielten trotz ihrer fachlichen Ausbildung ihre Alternativkonzepte bei. Dies lässt sich dadurch erklären, dass alternative Vorstellungen sehr resistent und damit schwer zu ändern sind (Fischer, 1985). Zusätzlich fiel auf, dass in der Summe in Frage A bei drei von vier Ausbildungsstufen (10. Jahrgangsstufe und beide Studentengruppen) mehr alternative Konzepte als in Frage B genannt wurden. Dies lässt sich dadurch erklären, dass Frage A eine einfache Aufzählung von Stoffen war, bei der vieles ohne Zusammenhang aufgezählt wurde, darunter auch viele alternative Vorstellungen, und Frage B ein tiefergehendes Verständnis und eine Erklärung für den komplexen Ablauf der Holzbildung verlangte.

Es zeigte sich, dass vor allem das alternative Konzept „Futter“ (Original engl.: „food“) in dieser Studie „Nahrung“ (alternatives Konzept in Frage A) seit den 1980er Jahren unverändert existiert (Haslam & Treagust, 1987; Stavy et al., 1987; Braun, & Schrenk, 2012; Bledsoe, 2013). Sowohl Schüler als auch Studenten tendieren laut Literatur dazu, Pflanzen als vom Menschen abhängig zu betrachten (Stavy et al., 1987). Aufgrund ihrer Erfahrung muss man als Mensch Nahrung aus der Umgebung aufnehmen, um zu wachsen, dieses Konzept wird auf Pflanzen übertragen, indem sie beispielsweise gegessen werden müssen (Braun, & Schrenk, 2012). Vor allem jüngere Schüler haben dieses alternative Konzept und setzen eine Abhängigkeit der Pflanzen vom „Futter“ wie bei uns Menschen voraus (Bledsoe, 2013).

Es zeigten sich keine Geschlechtsunterschiede für das Vorhandensein von alternativen oder wissenschaftlich korrekten Vorstellungen innerhalb aller Ausbildungsstufen, dies gilt sowohl für Frage A als auch B. Lediglich die Summe der aufgezählten alternativen Konzepte führte in Frage B bei weiblichen Naturwissenschaftsstudenten zu mehr alternativen Vorstellungen. Es ist bekannt, dass Frauen und Männer sich in ihrer Ausdrucksweise unterscheiden, wie beispielsweise in Form, Inhalt und Funktion (Haas, 1979). Frauen nutzen oftmals mehr Worte und ausführlichere Beschreibungen, um ihre Meinung zu äußern, während Männer eher kurze Erklärungen liefern (Holmes, 1995). Da ansonsten keine Geschlechtsunterschiede (Vorhandensein und nicht Vorhandensein alternativer oder wissenschaftlich korrekter Vorstellungen) festgestellt werden konnten, ist dies eine plausible Erklärung für den Unterschied in der Summe der aufgezählten Konzepte.

Teilstudie B

Wissensvermittlung ist eines der Hauptanliegen in der Umweltbildung, da der Wissenserwerb von Schülern zu weiteren persönlichen Entwicklung wie zu positiven Umwelteinstellungen und/oder einem naturfreundlichen Umweltverhalten führen kann (Kaiser et al., 2008a). Innerhalb der Teilstudie B konnte gezeigt werden, dass die durchgeführte Intervention zu einem signifikanten Wissenszuwachs führte. Dies konnte bereits auch von anderen Studien, deren Intervention den Fokus auf Umweltthemen legte, gezeigt werden (Bogner, 1998; Randler et al., 2005; Dieser & Bogner, 2015). Vermutlich durch den gezielten Einsatz von „Hands-on“-Lernstationen mit authentischem Materialien und Originalobjekten konnte nicht nur ein kurzfristiger sondern ein signifikant langfristiger Lernerfolg, der auch nach einem halben Jahr stabil blieb, gemessen werden. Interventionen zur Natur- und Artenschutzthemen, die langfristigen Wissenserwerb erzielen, sind von enormer Bedeutung, da nur durch solche Interventionen die bestehenden Wissenslücken

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

der Schüler bezüglich der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt geschlossen werden können (vergleiche: Lindemann-Matthies, 2002). Die Qualitätsanalyse durch das Rasch-Modell zeigte, dass Umweltsystemwissen gemessen an der Personenfähigkeit, die am schwierigsten zu beantwortenden Items waren. Handlungswissen und relatives Effektivitätswissen hingegen waren im Gegensatz dazu leichter zu beantworten. Eine Erklärung hierfür ist, dass die gewählten Umweltsystemwissensitems zu speziell auf das Thema Natur- und Artenschutz im Wald abgestimmt waren und somit die Beantwortung zu schwierig für die Schüler war. Handlungs- und relatives Effektivitätswissen hingegen wurde eher mit allgemeineren Fragen abgefragt, die für die Schüler aufgrund ihres allgemeinen Vorwissens leichter zu beantworten waren. Handlungswissen erzielte kurzfristig ein signifikant höheres Wissenslevel, fiel aber in den Behaltenstests fast wieder auf das Vorwissenslevel ab. Relatives Effektivitätswissen hingegen zeigte innerhalb der vier Testzeitpunkte keinerlei Veränderungen. Der Wissenszuwachs der Schüler beruhte also hauptsächlich auf der vermeintlich schwierigsten Wissensdimension, dem Umweltsystemwissen. Ein Grund für das Lernen dieser Dimension könnte sein, dass Schüler es durch den Unterricht gewohnt sind, Fakten- und Basiswissen zu lernen. Auch in einer Studie von Liefländer et al. (2015) lernten Schüler kaum relatives Effektivitätswissen, was diese mit dem Alter ihrer Teilnehmer, welches unserem ($M=12.86$) sehr nahe ist, begründeten. Andere Studien mit älteren Teilnehmern ($M=15.4$) hingegen fanden den höchsten Wissenszuwachs bei relativem Effektivitätswissen und den niedrigsten bei Umweltsystemwissen (Fremerey & Bogner, 2014). Relatives Effektivitätswissen ist das komplexteste und die schwierigste Wissensdimension (Kaiser et al., 2008) und könnte daher für junge Schüler schwer zu erlernen und zu begreifen sein. In folgenden Studien sollte deshalb ein Fokus darauf gelegt werden, inwieweit das Alter der Teilnehmer einen Effekt auf den Wissenszuwachs innerhalb der drei Wissensdimensionen hat.

Betrachtet man den Geschlechterunterschied, zeigte sich, dass weibliche Teilnehmer kurzfristig signifikant mehr lernten als männliche Teilnehmer. Dieser Unterschied war langfristig nicht mehr nachweisbar. Ein Grund für den kurzfristig höheren Wissenserwerb liegt möglicherweise daran, dass der Betreuer der Intervention weiblich war. Betreuer oder Lehrer des gleichen Geschlechts führen oft zu besseren Ergebnissen bei den Schülern (Dee, 2006). Langfristig konnten beide Geschlechter eine identische Wissens Ebene aufgrund der Intervention erreichen. Dies kann durchaus auf die in den Klassenraum integrierten „Hands-on“-Lernstationen zurückgeführt werden. Diese brachten eine erhebliche Änderung des meist rein formalen Kontextes des Unterrichts mit sich und steigerten dadurch die Motivation, das Interesse und beeinflussten schließlich auch den langfristigen kognitiven Lernerfolg positiv (Sturm & Bogner, 2008). Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Intervention für beide Geschlechter gleichermaßen gut geeignet war.

Teilstudie C

Aufbauend auf Teilstudie B wurde in Teilstudie C der Einfluss der Umwelteinstellungen Naturschutzpräferenz und Natur(aus)nutzungspräferenz (mittels der 2-MEV Skala) auf den Lernerfolg der Schüler untersucht. Der Mittelwert der Naturschutzpräferenz lag mit 3.96 über dem der Natur(aus)nutzungspräferenz von 2.54. Diese Werte spiegeln das aktuelle Wissen wider (Bogner & Wiseman, 2006; Dieser & Bogner, 2015; Johnson & Manoli, 2010).

Es zeigten sich signifikante Einflüsse von Umwelteinstellungen auf das Wissen der Schüler: Hohe Naturschutzpräferenzen korrelierten zu allen vier Testzeitpunkten höchst signifikant positiv mit dem Wissenslevel. Dieser positive Zusammenhang ist auch in anderen Studien bestätigt worden (Schneller, Johnson, & Bogner, 2013; Fremerey & Bogner, 2014; Dieser & Bogner, 2015). Schüler mit hohen Naturschutzpräferenzen lernten

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

vor allem im Umweltsystemwissen dazu und behielten dieses Wissen auch langfristig. Grund hierfür ist vermutlich, dass diese Schüler aufgrund ihrer positiven Umwelteinstellungen schon ein relativ hohes Handlungs- und relatives Effektivitätswissen haben, was sich auch dadurch zeigt, dass die positive Korrelation zu allen Testzeitpunkten mit allen Wissensdimensionen vorhanden ist, am niedrigsten jedoch für Umweltsystemwissen im Vorwissen (T0).

Hohe Natur(aus)nutzungspräferenzen korrelierten höchst signifikant negativ mit der Vorwissensebene und den Wissens Ebenen in den beiden Behaltenstests. Auch Boeve-de Pauw & Van Petegem (2011) konnte einen signifikant negativen Zusammenhang zwischen Vorwissen und den Natur(aus)nutzungspräferenzen feststellen. Betrachtet man die Korrelation der negativen Umwelteinstellungen und dem Wissenslevel zum Testzeitpunkt T1 (Nachtest) direkt nach der Intervention, war dieser Zusammenhang nicht vorhanden. Dies bedeutet, dass Schüler mit hohen Natur(aus)nutzungspräferenzen unabhängig ihrer negativen Einstellungen gegenüber der Umwelt ihr Wissen erhöhten, allerdings wurde dieses neu erworbene Wissen langfristig nicht behalten. Der kurzfristige Wissenszuwachs basierte dabei vor allem auf den Wissensdimensionen Handlungs- und relatives Effektivitätswissen. Ein Grund hierfür könnte das fehlende Interesse dieser Schüler an Umwelthemen wie speziell dem Arten- und Naturschutzschwerpunkt der entwickelten Intervention sein.

Bezieht man die Ergebnisse dieser Studie auf das Umweltkompetenzmodell (Kaiser et al., 2008a), welches postuliert, dass alle drei Wissensdimensionen positiv miteinander korrelieren und dass diese die Grundlage für positive Umwelteinstellungen und umweltfreundliches Verhalten darstellen, dann ist der Wissenszuwachs unserer Schüler ein Schritt in die richtige Richtung. Bestätigt wird das Modell auch dadurch, dass Schüler mit

hohen Werten in Naturschutzpräferenzen in allen vier Testzeitpunkten und für alle drei Wissensdimensionen hohe positive Korrelationen zeigen.

Im Gegensatz zu anderen Studien zeigte sich kein Geschlechtsunterschied, weder für die Naturschutz- noch für Natur(aus)nutzungspräferenz, daher sind alle Ergebnisse für beide Geschlechter gleichermaßen gültig. Ein wesentlicher Effekt auf bisher gefundene Geschlechtsunterschiede hängen anscheinend vor allem an Faktoren wie Schule oder dem Interventionsprogramm an sich ab (Bogner, 2002; Bogner & Wiseman, 2006; Boeve-de Pauw & Van Petegem, 2011).

Teilstudie D

In Anlehnung an Teilstudie C diente Teilstudie D dazu, den Effekt der fünf Persönlichkeitsdimensionen: Extraversion, Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit, Neurotizismus und Offenheit für Erfahrungen (erhoben mittels BFI-10) auf die persönlichen Umwelteinstellungen zu erfassen.

Es zeigte sich, dass nur die Persönlichkeitsdimension Offenheit für Erfahrungen sowohl positiv mit Naturschutzpräferenzen als auch negativ mit Natur(aus)nutzungspräferenzen korrelierte. Hohe Werte in Offenheit für Erfahrungen reflektieren Menschen, die eher intellektuell und aufgeschlossen sind (Roccas et al., 2002). Diese Definition kann zur Erklärung der positiven Korrelation zwischen Offenheit für Erfahrungen und Naturschutzpräferenzen herangezogen werden: Schüler, die aufgeschlossen sind, sind dies auch gegenüber neuen Errungenschaften wie beispielsweise alternativen Energien. Zusätzlich sind hohe Werte in Offenheit mit freiem Denken und Handeln sowie Verständnis und Toleranz gegenüber anderen Menschen und der Schönheit der Natur assoziiert (Roccas et al., 2002). Diese Wertschätzung der Natur wird auch durch die Ergebnisse dieser Studie unterstützt, da hohe Werte in Naturschutzpräferenzen mit denen für Offenheit in Erfahrungen einhergehen. Zudem reflektiert ein hoher Wert in

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Offenheit für Erfahrungen Wissbegierde (Furnham et al., 2003). Dies bestärkt die Ergebnisse dieser Studie, da man sagen kann, dass Schüler mit hohen Naturschutzpräferenzen und Offenheit in Erfahrungen eine Art Forscherdrang entwickeln und sich aus diesem Grund nicht vor Veränderungen fürchten, wie beispielsweise der Etablierung erneuerbarer Energien oder aber auch Naturschutzinitiativen eher offen gegenüberstehen.

Bezieht man zusätzlich den negativen Zusammenhang zwischen dieser Persönlichkeitsdimension und den Natur(aus)nutzungspräferenzen mit ein, bestärken sich die bisherigen Vermutungen. Andere Studien haben gezeigt, dass niedrige Werte in Offenheit für Erfahrungen gerne ihren Status-quo behalten und alles was neu und anders ist meiden (Roccas et al., 2002). Natur(aus)nutzungspräferenzen und niedrige Werte in Offenheit für Erfahrungen scheinen sich zu ergänzen und führen womöglich dazu, dass Schüler lieber bei altbekanntem bleiben. Diese Feststellung wird durch die Ergebnisse von Bogner und seinen Kollegen (2000) unterstützt, welche herausfanden, dass Naturschutzpräferenzen mit Risiko Bereitschaft und Natur(aus)nutzungspräferenzen mit dem gezielten Abwägen von Kosten-Nutzen assoziiert ist und schlussfolgerten daraus, dass Personen mit Natur(aus)nutzungspräferenzen ungern unkalkulierbare Risiken eingehen. Auch eine weitere Studie mit Persönlichkeitsdimensionen in diesem Zusammenhang zeigte: Naturschutzpräferenzen korrelieren mit Neurotizismus (Besorgnis, Emotionalität und Selbstwertgefühl beinhaltend) und Natur(aus)nutzungspräferenzen mit Psychotizismus (Aggressivität, Kompromisslosigkeit und Ichbezogenheit beinhaltend) (Wiseman & Bogner, 2003).

3.6 Schlussfolgerung und Ausblick

Diese Gesamtarbeit konnte zeigen, dass Schüler und Studenten heute immer noch alternative Vorstellungen zu Fotosynthese und Holzbildung haben und diese zeitgleich mit wissenschaftlich korrekten Vorstellungen vorkommen. Aus diesem Grund sollten alternative Vorstellungen im Unterricht direkt angesprochen und die beiden Themen wiederholt und in Kombination miteinander unterrichtet werden, um den Schülern den Zusammenhang zu vermitteln und zu einem integrierten Wissensprofil beitragen.

Die Teilnahme an der speziell entwickelte Intervention zum Thema Arten- und Naturschutz im Ökosystem Wald führte zu einem signifikanten Wissenszuwachs der teilnehmenden Schüler. Vor allem die schülerzentrierten Lernstationen mit ihren authentischen Materialien und Originalobjekten trugen offenbar zu einem langfristigen Wissenserwerb bei, der auch ein halbes Jahr nach der Intervention stabil war. Die Integration von Lernstationen im Klassenzimmer ist daher sehr empfehlenswert und eignet sich besonders, da die Lehrpläne heutzutage wenig Spielraum für den Besuch außerschulischer Lernorte lassen. Zudem fördert das Arbeiten an Lernstationen, zusätzlich zum kognitiven Wissenszuwachs, die in den Bildungsstandards verankerten Schlüsselkompetenzen wie Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit. Aus welchem Grund die drei Wissensdimensionen unterschiedlich gelernt wurden, konnte nicht abschließend geklärt werden, hier bedarf es weiterer Studien.

Der kognitive Lernerfolg zeigte sich abhängig von den Umwelteinstellungen: Positive Umwelteinstellungen tragen zu einem langfristigen Wissenserwerb bei, wohingegen Schüler mit negativen Umwelteinstellungen zwar ebenso dazu lernen, aber ihr Wissen nicht längerfristig behalten können. Aus diesem Grund ist es von enormer Bedeutung, bei der Konzipierung von Unterrichtsmodulen Inhalte gezielt auf Umwelteinstellungen anzupassen und diese nach Möglichkeit auch direkt in der

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Intervention zu vermitteln. Dadurch könnte eventuell ein längerfristiger Wissenserwerb bei Schülern mit Natur(aus)nutzungspräferenzen erreicht werden. Langfristig gesehen verschieben sich somit möglicherweise die Umwelteinstellungen hin zu Naturschutzpräferenzen. Diese Vermutungen benötigen jedoch weitere Forschung.

Umwelteinstellungen sind mit dem Persönlichkeitsmerkmal „Offenheit für Erfahrungen“ assoziiert. Dies legt nahe, dass diese individuelle Ausprägung zwei verschiedene Sichtweisen auf die Natur und Umwelt zulässt und sich daher auch zwischen Naturschutz – und Natur(aus)nutzungspräferenzen unterscheiden. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, Umwelteinstellungen in Unterrichtsmodulen, Interventionen etc. nicht nur direkt anzusprechen und diese zu vermitteln, sondern auch über die verschiedenen Ansichten, Naturschutz versus Natur(aus)nutzung, im Klassenverband zu diskutieren.

Zusammenfassend konnte meine Arbeit zeigen, dass immer noch alternative Vorstellungen im Themenbereich Ökosystem Wald, sprich Fotosynthese und Holzbildung, bestehen. Diese müssen in speziell entwickelten Interventionen angesprochen und zielstrebig in wissenschaftliche Konzepte überführt werden. Da Naturschutzpräferenzen und Wissen positiv miteinander assoziiert sind, sollten formale und non-formale Einrichtungen Unterrichtsprogramme zur Unterstützung positiver Umwelteinstellungen einsetzen. Dies würde vermutlich besonders aufgeschlossene Schüler (Offenheit in Erfahrungen) in ihrer Wissbegierde unterstützen und so das Bestreben für Nachhaltigkeit fördern.

4 LITERATURVERZEICHNIS

- Adams, R. J., & Khoo, S. K. (1996). Quest. Victoria, Australia: *Australian Council for Educational Research*.
- Agresti, A. (2002). *Categorical Data (second)*. Wiley.
- Anderberg, M. R. (1973). *Cluster analyses for applications*. New York: Academic.
- Bledsoe, K. E. (2013). “Starch is Very Fatty”: Understanding the Logic in Undergraduate Student Conceptions about Biological Molecules. *Electronic Journal of Science Education*, 17(2), 1–35.
- Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2011). The Effect of Flemish Eco-Schools on Student Environmental Knowledge, Attitudes, and Affect. *International Journal of Science Education*, 33(11), 1513–1538. doi:10.1080/09500693.2010.540725
- Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *The Journal of Environmental Education*, 29(4), 17–29.
- Bogner, F. X. (1999). Empirical evaluation of an educational conservation. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1169–1185.
- Bogner, F. X. (2002). The influence of a residential outdoor education programme to pupil’s environmental perception. *European Journal of Psychology of Education*, 17(1), 19–34. doi:10.1007/BF03173202
- Bogner, F. X., Brengelmann, J. C., & Wiseman, M. (2000). Risk taking and environmental perception. *The Environmentalist*, 20, 49–62.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (1999). Toward measuring adolescent environmental perception. *European Psychologist*, 4(3), 139–151.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2002). Environmental perception of french and some Western European secondary school students. *European Journal of Psychology of Education*, 17(1), 3–18. doi:10.1007/BF03173201
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2006). Adolescents’ attitudes towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. *Environmentalist*, 26(4), 247–254. doi:10.1007/s10669-006-8660-9
- Bolker, B. M., Brooks, M. E., Clark, C. J., Geange, S. W., Poulsen, J. R., Stevens, M. H. H., & White, J. S. S. (2009). Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(3), 127–135. doi:10.1016/j.tree.2008.10.008
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2007). *Applying the Rasch Model. Fundamental measurement in the human sciences*. New York, London: Taylor & Francis Group.

- Borchers, C., Boesch, C., Riedel, J., Guilahoux, H., Ouattara, D., & Randler, C. (2013). Environmental Education in Côte d'Ivoire/West Africa: Extra-Curricular Primary School Teaching Shows Positive Impact on Environmental Knowledge and Attitudes. *International Journal of Science Education, Part B*, (August), 1–20. doi:10.1080/21548455.2013.803632
- Boucher, Y., Arseneault, D., Sirois, L., & Blais, L. (2009). Logging pattern and landscape changes over the last century at the boreal and deciduous forest transition in Eastern Canada. *Landscape Ecology*, 24(2), 171–184. doi:10.1007/s10980-008-9294-8
- Braun, T. & Schrenk, M. (2012). Effects of Experiments for Students' Understanding of Plant Nutrition. (D. Krüger & M. Ekborg, Eds.) Research in Biological Education A selection of papers presented at the IXth Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB). Berlin: Freie Universität Berlin.
- Carlsson, B. (2002). Ecological understanding 1: Ways of experiencing photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 24(7), 681–699. doi:10.1080/09500690110098868
- Cohen, J. (1960). A coefficient for agreement for nominal scales. *Education and Psychological Measurement*, 20, 37–46.
- Costa, P. T., & McCrae, R. R. (1992). Revised NEO Personality Inventory (NEO-PI-R) and NEO Five Factor Inventory. Odessa: FL: Psychological Assessment resources.
- Dee, T. S. (2006). "The Why Chromosome. How a Teacher's Gender Affects Boys and Girls." *Education Next*, 6(4), 69–75.
- Deutsche UNESCO-Kommission. (2013). „ Bildung für nachhaltige Entwicklung “: Positionspapier „ Zukunftsstrategie BNE 2015 + “ (pp. 1–28). UNSESCO.
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin, F. S., & Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biology*, 4(8), 1300–1305. doi:10.1371/journal.pbio.0040277
- Dieser, O., & Bogner, F. X. (2015). How does hands-on outdoor learning influence children's environmental perception. *Journal of Environmental Education*, Submitted.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5–12.
- Duerden, M. D., & Witt, P. A. (2010). The impact of direct and indirect experiences on the development of environmental knowledge, attitudes, and behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 30(4), 379–392. doi:10.1016/j.jenvp.2010.03.007
- Ekici, F., Ekici, E., & Aydin, F. (2007). Utility of Concept Cartoons in Diagnosing and Overcoming Misconceptions Related to Photosynthesis. *International Journal of Environmental & Science Education*, 2(4), 111–124.
- Eysenck, H. (1990). Biological Dimensions of Personality. In Handbook of personality: *Theory and research* (pp. 244–276).

- Falk, J. H., & Balling, J. D. (1982). The field trip milieu: learning and behavior as a function of contextual events. *Journal of Educational Research*, 76(1), 22–28. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Felder, R. M., Baker-Ward, L., Dietz, E. J., & Mohr, P. H. (1992). A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. Proceedings. Twenty-Second Annual Conference Frontiers in Education, (October). doi:10.1109/FIE.1992.683370
- Finley, Fred N., Stewart, James, Yarroch, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66(4), 531–538.
- Fischer, K. M. (1985). A Misconception in Biology: Aminoacids and Translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 53–56.
- Foley, J. a, Defries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science (New York)*, 309(5734), 570–574. doi:10.1126/science.1111772
- Fremerey, C., & Bogner, F. (2014). Learning about Drinking Water: How Important are the Three Dimensions of Knowledge that Can Change Individual Behavior? *Education Sciences*, 4(4), 213–228. doi:10.3390/educsci4040213
- Fremerey, C., & Bogner, F. X. (2015). Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences. *Studies in Educational Evaluation*, 44, 9–15. doi:10.1016/j.stueduc.2014.11.002
- Frick, J., Kaiser, F. G., & Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behavior: exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality and Individual Differences*, 37(8), 1597–1613. doi:10.1016/j.paid.2004.02.015
- Furnham, A., McManus, C., & Scott, D. (2003). Personality, empathy and attitudes to animal welfare. *Anthrozoos*. doi:10.2752/089279303786992260
- Gerstner, S., & Bogner, F. X. (2010). Cognitive achievement and motivation in hands-on and teacher-centred science classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimise cognitive learning at work stations? *International Journal of Science Education*, 32(7), 849–870. doi:10.1080/09500690902803604
- Goldberg, L. R. (1981). Language and individual differences: The search for universals in personality lexicons and social psychology. *Review of Personality and Social Psychology*, 2(1), 141–165.
- Gosling, S. D., Rentfrow, P. J., & Swann, W. B. (2003). A very brief measure of the Big-Five personality domains. *Journal of Research in Personality*, 37(6), 504–528. doi:10.1016/S0092-6566(03)00046-1
- Haas, A. (1979). Male and female spoken language differences: Stereotypes and evidence. *Psychological Bulletin*, 86(3), 616–626.

- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203–211.
- Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the Gap Between Formal and Informal Science Learning. *Studies in Science Education*, 28, 87–112.
doi:10.1080/03057269608560085
- Holmes, J. (1995). *Women, men and politeness.*: New York: Longman.
- Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal*.
- ISB. (2015). Syllabus 6th grade (German Realschule RS). München. Retrieved from <https://www.isb.bayern.de/realschule/lehrplan/realschule-r6/fach--jahrgangsstufenlehrplan-ebene-3/biologie/6-jahrgangsstufe/98/>
- John, O. P., Donahue, E. M., & Kentle, R. L. (1991). The big five inventory—versions 4a and 54.
- John, O. P., & Srivastava, S. (1999). The Big Five Trait Taxonomy: History, Measurement, and Theoretical Perspectives. In L. A. Pervin & O. P. John (Eds.), *Handbook of Personality - Theory and Research* (Second Edi, pp. 102–138). New York / London: The Guilford Press.
- Johnson, B., & Manoli, C. (2008). Using Bogner and Wiseman's Model of Ecological Values to measure the impact of an earth education program on children's environmental perceptions. *Environmental Education Research*, 14(2), 115–127.
- Johnson, B., & Manoli, C. C. (2010). The 2-MEV Scale in the United States: A Measure of Children's Environmental Attitudes Based on the Theory of Ecological Attitude. *The Journal of Environmental Education*, 42(2), 84–97.
doi:10.1080/00958964.2010.503716
- Kaiser, F. G., Oerke, B., & Bogner, F. X. (2007). Behavior-based environmental attitude: Development of an instrument for adolescents. *Journal of Environmental Psychology*, 27(3), 242–251. doi:10.1016/j.jenvp.2007.06.004
- Kaiser, F. G., Roczen, N., & Bogner, F. X. (2008). Competence Formation in Environmental Education : Advancing Ecology-Specific Rather Than General Abilities. *Science Education*, 56–70.
- Kibbe, A., Bogner, F. X., & Kaiser, F. G. (2014). Exploitative vs. appreciative use of nature - Two interpretations of utilization and their relevance for environmental education. *Studies in Educational Evaluation*, 41, 106–112.
doi:10.1016/j.stueduc.2013.11.007

- KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Wolters Kluwer Deutschland GmbH. München, Neuwied: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Retrieved from http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2010). Mind the Gap : Why do people act environmentally and what are the barriers to pro- environmental behavior ? Mind the Gap : why do people act environmentally and what are the barriers to. *Environmental Education Research*, 8, 37–41. doi:10.1080/1350462022014540
- Liefländer, A. K., Bogner, F. X., Kibbe, A., & Kaiser, F. G. (2015). Evaluating Environmental Knowledge Dimension Convergence to Assess Educational Programme Effectiveness. *International Journal of Science Education*, 1–19. doi:10.1080/09500693.2015.1010628
- Lienert, G. A., & Raats, U. (1994). Testaufbau und Testanalyse. Weinheim, Berlin, Basel: Julius Beltz.
- Lindemann-Matthies, P. (2002). The Influence of an Educational Program on Children's Perception of Biodiversity. *The Journal of Environmental Education*, 33(2), 22–31. doi:10.1080/00958960209600805
- Lindemann-Matthies, P. (2005). "Loveable" mammals and "lifeless" plants: how children's interest in common local organisms can be enhanced through observation of nature. *International Journal of Science Education*, 27(6), 655–677. doi:10.1080/09500690500038116
- Liu, X., & Lesniak, K. (2006). Progression in children's understanding of the matter concept from elementary to high school. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 320–347. doi:10.1002/tea.20114
- Lord, T. R. (2001). 101 Reasons for Using Cooperative Learning in Biology Teaching. *The American Biology Teacher*, 63(1), 30–38. doi:10.1662/0002-7685(2001)063[0030:RFUCLI]2.0.CO;2
- Louv, R. (2005). Last child in the woods: Saving our kids from nature deficit disorder.
- Mayring, P. (2001). Combination and Integration of Qualitative and Quantitative Analysis. Retrieved October 1, 2014, from <http://www.qualitative-research.net/fqs/fqs.htm>
- McCrae, R. R., & Costa, P. T. (1987). Validation of the five-factor model of personality across instruments and observers. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(1), 81–90. doi:10.1037/0022-3514.52.1.81
- McCullagh, P., & Nelder, J. (1989). Generalized linear models (Monographs on statistics and applied probability 37). Lavoisier.fr. Retrieved from <http://www.lavoisier.fr/notice/gbYNOOXLR23DRKO.html>

LITERATURVERZEICHNIS

- Milfont, T. L., & Duckitt, J. (2004). The structure of environmental attitudes: A first- and second-order confirmatory factor analysis. *Journal of Environmental Psychology, 24*(3), 289–303. doi:10.1016/j.jenvp.2004.09.001
- Nations, U. (1992). Agenda 21 - Programme of action for sustainable development. Rio declaration on environment and development. New York: United Nations Department of Public Information.
- Norusis, M. J. (1993). SPSS for Windows professional statistica release 6.0. Chicago: SPSS.
- Poudel, D. D., Vincent, L. M., Anzalone, C., Huner, J., Wollard, D., Clement, T., Blakewood, G. (2005). Hands-On Activities and Challenge Tests in Agricultural and Environmental Education. *The Journal of Environmental Education, 36*(4), 10–22. doi:10.3200/JOEE.36.4.10-22
- Rammstedt, B., & John, O. P. (2005). Kurzversion des Big Five Inventory (BFI-K): *Diagnostica, 51*(4), 195–206. doi:10.1026/0012-1924.51.4.195
- Rammstedt, B., & John, O. P. (2007). Measuring personality in one minute or less: A 10-item short version of the Big Five Inventory in English and German. *Journal of Research in Personality, 41*(1), 203–212. doi:10.1016/j.jrp.2006.02.001
- Randler, C. (2008). Morningness–eveningness, sleep–wake variables and big five personality factors. *Personality and Individual Differences, 45*(2), 191–196. doi:10.1016/j.paid.2008.03.007
- Randler, C., Baumann, V. P., & Horzum, M. B. (2014). Morningness–eveningness, Big Five and the BIS/BAS inventory. *Personality and Individual Differences, 66*, 64–67. doi:10.1016/j.paid.2014.03.010
- Randler, C., Baumgärtner, S., Eisele, H., & Kienzle, W. (2007). Learning at Workstations in the Zoo: A Controlled Evaluation of Cognitive and Affective Outcomes. *Visitor Studies*. doi:10.1080/10645570701585343
- Randler, C., & Bogner, F. X. (2006). Cognitive achievements in identification skills. *Journal of Biological Education, 40*(4), 161–165. doi:10.1080/00219266.2006.9656038
- Randler, C., Ilg, A., & Kern, J. (2005). Cognitive and Emotional Evaluation of an Amphibian Conservation Program for Elementary School. *Reports and Research, 37*(1), 43–53.
- Roccas, S., Sagiv, L., Schwartz, S. H., & Knafo, A. (2002). The big five personality factors and personal values. *Personality & Social Psychology Bulletin, 28*(6), 789–801. doi:10.1177/0146167202289008
- Scharfenberg, F.-J., Bogner, F. X., & Klautke, S. (2006). The suitability of external control-groups for empirical control purposes: a cautionary story in science education research. *Electronic Journal of Science Education, 11*(1).

- Schneider, M., & Hardy, I. (2012). Profiles of inconsistent knowledge in children's pathways of conceptual change. *Developmental Psychology*, *49*(9), 1639–1649.
- Schneller, a. J., Johnson, B., & Bogner, F. X. (2013). Measuring children's environmental attitudes and values in northwest Mexico: validating a modified version of measures to test the Model of Ecological Values (2-MEV). *Environmental Education Research*, (April 2014), 1–15. doi:10.1080/13504622.2013.843648
- Settlage, J. (2000). Understanding the Learning Cycle: Influences on Abilities to Embrace the Approach by Preservice Elementary School Teachers. *Science Education*, *84*(1), 43–50. doi:10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<43:AID-SCE4>3.0.CO;2-F
- Stavy, R., Eisen, Y., & Yaakobi, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *School of Education*, *9*(1), 105–115. doi:10.1080/0950069870090111
- Straatemeier, M., & van der Maas, H. L. J. Jansen, B. R. J. (2008). Children's knowledge in the earth: A new methodological and statistical approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, *100*, 276–296. doi:10.1016/j.jecp.2008.03.004
- Sturm, H., & Bogner, F. X. (2008). Student-oriented versus Teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education*, *30*(7), 941–959. doi:10.1080/09500690701313995
- Thaden-Koch, T. C., Dufresne, R. J., & Mestre, J. P. (2006). Coordination of knowledge in judging animated motion. *Physics Education Research*, *2*, 1–11.
- Tibshirani, R., & Walther, G. (2005). Cluster Validation by Prediction Strength. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, *14*(3), 511–528.
- UNESCO. (2005). UN Decade of Education for Sustainable Development, 2005-2014: The DESD at a glance. Paris: UNESCO.
- Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, a J., Schulze, E. D., Rebmann, C., Moors, E. J., ... Clement, R. (2000). Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature*, *404*(6780), 861–865. doi:10.1038/35009084
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2013). Conceptual Change from the Framework Theory Side of the Fence. *Science and Education*, 1–19. doi:10.1007/s11191-013-9640-3
- Wellington, J. (1990). Formal and informal learning in science: The role of the interactive science centres. *Physics Education*, *25*, 247–252.
- Wilkinson, G. N., & Rogers, C. E. (1973). Symbolic description of factorial models for analysis of variance. *Applied Statistics*, *22*(3), 392–399. doi:10.2307/2346786
- Wiseman, M., & Bogner, F. X. (2003). A Higher Order Model of Ecological Values and Its Relationship to Personality. *Personality and Individual Differences*, *34*(5), 783–794.

5 TEILARBEITEN

5.1 Publikationsliste

Die aus der vorliegenden Arbeit hervorgegangenen Publikationsmanuskripte sind im Folgenden aufgeführt:

Teilstudie A

Thorn CJ, Bissinger K, Thorn S, Bogner FX (2016) “Trees Live on Soil and Sunshine!”- Coexistence of Scientific and Alternative Conception of Tree Assimilation. *PLoS ONE* 11(1): e0147802. doi:10.1371/journal.pone.0147802

Teilstudie B

Thorn, C. J. & Bogner, F. X. (2015): Is system-related knowledge the easiest to gain? – How a student-centered education program intervenes with knowledge dimensions. *Studies in Educational Evaluation* (STEE) (submitted).

Teilstudie C

Thorn, C. J. & Bogner, F. X. (2016): How individual environmental preferences and gender predict cognitive knowledge acquisition in nature conservation. *Education Sciences* (submitted).

Teilstudie D

Thorn, C. J. & Bogner, F. X. (2016): How personality predicts individual willingness for conservation. *Journal of Environmental Education* (submitted).

5.2 Darstellung des Eigenanteils

Teilstudie A wurde von mir gemeinsam mit Frau Kerstin Bissinger, als „equally contributing first authors“, unter Betreuung meines Doktorvaters konzipiert und verfasst. Gemeinsam mit Frau Bissinger wurden in einer Vorstudie die offenen Fragen entwickelt und evaluiert. Die Daten der Schüler der Jahrgangstufe 6 sowie 50% der Daten aller Studenten wurden von mir mittels Fragebogen erhoben und anschließend mittels qualitativer Inhaltsanalyse codiert. Zusätzlich fungierte ich als intra-rater für die von Kerstin Bissinger erhobenen Daten (Jahrgangstufe 10 und 50% der Studenten). Die Auswertung der quantitativen Daten und die folgenden Überarbeitung des Manuskripts erfolgte zu gleichen Teilen von mir und den Co-Autoren Kerstin Bissinger und Simon Thorn.

Die Teilstudien B, C und D wurden unter Betreuung meines Doktorvaters von mir konzipiert und verfasst. Alle Evaluationsinstrumente wurden aus der Literatur entnommen oder durch mich angepasst (Wissens-Items). Die Erhebung der Daten, die Entwicklung der Lernstationen und des Arbeitsheftes sowie die Durchführung der Intervention fand durch mich statt.

5.3 Teilarbeit A

Thorn CJ, Bissinger K, Thorn S, Bogner FX (2016) “Trees Live on Soil and Sunshine!”-
Coexistence of Scientific and Alternative Conception of Tree Assimilation. *PLoS ONE*
11(1): e0147802. doi:10.1371/journal.pone.0147802

1 **“Trees live on soil and sunshine!”- Coexistence of Scientific**
2 **and Alternative Conception of Tree Assimilation**

3
4 **Christine Johanna Thorn^{1, ¶, *}, Kerstin Bissinger^{1, ¶}, Simon Thorn², Franz**
5 **Xaver Bogner¹**

6
7 ¹Department of Biological Education and Centre of Math and Science Education (Z-MNU),
8 University of Bayreuth, Universitätstraße 30, NW II, 95447 Bayreuth, Germany

9 ²Bavarian Forest National Park, National Park, Freyunger Str. 2, 94481 Grafenau,
10 Germany

11
12 [¶]These authors are equally contributing first authors.

13 *Corresponding Author: Christine Thorn. (+49) 0921 55 3029

14 Christine.Thorn@uni-bayreuth.de

15 Short title: Co-existing conception on tree assimilation

16
17 **Keywords:** fragmented knowledge, tree assimilation, wood synthesis, ordered logistic
18 regression, general linear model

19
20 **Word count**

21 Abstract: 269

22 Main text: 5140

23 References: 50 (1139 words)

24 **Abstract**

25 Successful learning is the integration of new knowledge into existing schemes, leading to an
26 integrated and correct scientific conception. By contrast, the co-existence of scientific and
27 alternative conceptions may indicate a fragmented knowledge profile. Every learner is unique
28 and thus carries an individual set of preconceptions before classroom engagement due to prior
29 experiences. Hence, instructors and teachers have to consider the heterogeneous knowledge
30 profiles of their class when teaching. However, determinants of fragmented knowledge profiles
31 are not well understood yet, which may hamper a development of adapted teaching schemes.
32 We used a questionnaire-based approach to assess conceptual knowledge of tree assimilation
33 and wood synthesis surveying 885 students of four educational levels: 6th graders, 10th graders,
34 natural science freshmen and other academic studies freshmen. We analysed the influence of
35 learner's characteristics such as educational level, age and sex on the coexistence of scientific
36 and alternative conceptions. Within all subsamples well-known alternative conceptions
37 regarding tree assimilation and wood synthesis coexisted with correct scientific ones. For
38 example, students describe trees to be living on "soil and sunshine", representing scientific
39 knowledge of photosynthesis mingled with an alternative conception of trees eating like
40 animals. Fragmented knowledge profiles occurred in all subsamples, but our models showed
41 that improved education and age foster knowledge integration. Sex had almost no influence on
42 the existing scientific conceptions and evolution of knowledge integration. Consequently,
43 complex biological issues such as tree assimilation and wood synthesis need specific support
44 e.g. through repeated learning units in class- and seminar-rooms in order to help especially
45 young students to handle and overcome common alternative conceptions and appropriately
46 integrate scientific conceptions into their knowledge profile.

47 **Introduction**

48 Since the beginning of the last century, scientists have been interested in the organisation of
49 cognitive knowledge. Piaget (Piaget, 1937) already explained intelligence to be organising the
50 world by organising itself. Thus, new knowledge schemes (organized patterns of knowledge
51 that arrange categories of information and relationships among them) could be developed by
52 modifying old ones (Driver et al., 1994). Consequently, successful learning is understood
53 beyond the rote memorisation of mere facts as being the integration of new knowledge into
54 existing schemes. This basic interpretation of daily knowledge acquisition is limited in
55 classrooms to which students bring robust, pre-existing conceptions differing from the accepted
56 scientific ones (Maskiewicz & Lineback, 2013). Therefore instructors face fragmented to well-
57 structured knowledge profiles which vary between individual students according to prior
58 experiences (Stella Vosniadou & Skopeliti, 2013). Structuring knowledge is important as an
59 individual's conceptual knowledge consists of various elements such as observations, beliefs,
60 explanations etc. (diSessa, Gillespie, & Esterly, 2004; Machery, 2010). These elements are
61 relevant in the process by which fragmentation and integration contribute to a person's
62 conceptual knowledge (Schneider & Hardy, 2012). Knowledge fragmentation potentially leads
63 to coexisting parallel conceptions related to specific settings (e.g. social environment) (Driver
64 et al., 1994; Schneider & Hardy, 2012; Straatemeier & van der Maas, H. L. J. Jansen, 2008;
65 Thaden-Koch et al., 2006).

66 Different scientific disciplines argue for two parallel assumptions about students'
67 conceptions: The psychological approach of Schneider and Hardy (Schneider & Hardy, 2012)
68 comprises three conceptions namely misconception, every-day and scientific conception.
69 Misconception and everyday conception are both alternative conceptions, which can be
70 falsified by scientific experiments. Scientific conceptions relate to the current state of scientific
71 knowledge, which can be verified but not falsified through an experiment. Misconceptions and

72 everyday conceptions vary in their explanatory power: while everyday conceptions coherently
73 explain observations from everyday life; misconceptions imply no explanatory power and thus
74 can be reduced to naïve concepts (Schneider & Hardy, 2012). However, in contemporary
75 science education and in scientific literature, the word “misconception” was found to be rarely
76 and inconsistently used even leading to the statement: ”Misconceptions are so yesterday”
77 (Maskiewicz & Lineback, 2013) (p 352). In the 1980s and 1990s when researchers frequently
78 analysed students’ conceptions in different fields, the term “misconception” was commonly
79 used to describe frequent scientifically incorrect conceptions that demand professional
80 instruction to be overcome and replaced (Strike & Posner, 1985).

81 Authors such as Hammer (Hammer, 1996) introduced students’ naïve ideas as valuable
82 resources for developing more sophisticated scientific understanding in physics; supporting
83 Smith et al. (Smith, DiSessa, & Rochelle, 1993), who argued that misconceptions contradict
84 constructivism that provoke a paradigm shift. Thus the term “misconception”, which
85 historically was aligned with eradication and or replacement of conceptions, should not be used
86 in biology education research any more (Maskiewicz & Lineback, 2013). The term “alternative
87 conception” seems appropriate as it refers to “experience-based explanations constructed by a
88 learner to make a range of natural phenomena and objects intelligible” while conferring
89 “intellectual respect on the learner who holds those ideas” [13, p.56]. Consequently, we focus
90 on the currently accepted second approach: separating students’ knowledge into scientific and
91 alternative conceptions.

92 Recent studies on biological conceptions predominantly investigate the understanding
93 of evolution and natural selection (Abraham, Perez, Downey, Herron, & Meir, 2012; Anderson,
94 Fisher, & Norman, 2002; Andrews et al., 2012; Hokayem & BouJaoude, 2008; Kalinowski,
95 Andrews, Leonard, & Snodgrass, 2012; Nehm & Schonfeld, 2008). Conceptual studies on
96 photosynthesis and related issues such as tree assimilation and wood synthesis date back to the
97 1980s, revealing one prominent alternative concept: Plants absorb nutrients from their

98 environment (Haslam & Treagust, 1987; Stavy et al., 1987). In detail, fifty percent of
99 participating ninth graders in an Israeli study dealing with photosynthesis thought that trees
100 absorb nutrients from the environment (Stavy et al., 1987) and more than one third of surveyed
101 German students assumed even that plants absorb sugar from soil (Braun, & Schrenk, 2012),
102 neglecting the role of plants as primary producers. Hence, students often do not understand
103 plants as autotrophic organisms (Braun, & Schrenk, 2012) that convert gas (CO₂) to plant
104 biomass (Stavy et al., 1987). Although the existence of alternative conceptions of tree
105 assimilation and wood synthesis is proven, determinants of the coexistence of scientific and
106 alternative conceptions remain unclear.

107 We used questionnaires comprising one basic question that focused on enumerating
108 factors assimilated by trees and a more complex question that required a deeper understanding
109 of the wood synthesis process. We investigated potential explanatory factors (age, sex and
110 educational background) on (I), the *expression* of scientific and alternative conceptions and (II)
111 the *coexistence* of scientific and alternative conceptions.

112 **Methods**

113 **Ethics statement**

114 All proposed research and consent processes were approved by the Bavarian Ministry of
115 Education (“Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst”) in
116 October 2013 (II.7-5 O 5106/92/7) and in November 2013 (III.9-5 O 5106/91/13). All
117 principals of the participating schools were informed about the study and the research
118 conducted in their classrooms and provided their consent. All participants provided their written
119 consent to participate in this study. Students who had not reached age of consent also provided
120 the written consent of their legal guardians. Prior to the data collection, the purpose of the study
121 was explained to all participants. Data privacy laws were respected as our data was recorded

122 pseudo anonymously. Each participant provided a specific identifier number, based on their
123 sex, birth month and year, first two letters of their mothers name and house number. Any
124 categorisation of sex is based on the self-reported sex according to the identifier number
125 provided by the students within the questionnaire. The permit numbers of the Bavarian Ministry
126 of Education allow public review of all questionnaires used in the study. All students and
127 parents from participating classes had the chance to reject study participation, but no one
128 exercised this right.

129 **Data collection**

130 We gathered our data at two universities and five schools, located in the federal state Bavaria
131 in Germany. Prior to the main study, we sampled responses of 113 freshmen (44.25% male,
132 55.75% female; mean age = 22.4 ± 2.3) to develop valid test items. All students responded on
133 two open questions focussing on conceptions of tree assimilation and subsequent wood
134 synthesis. Since the way a question is posed might influence the answer, we conduct a pre-test-
135 study to test different wordings and develop both questions. For instance, in question A: “[...]”
136 In your opinion, what does a tree assimilate in order to form a thick trunk?” Students answered
137 ‘sugar’, which can be either a scientific correct concept if it corresponds to the production of
138 starch and cellulose, or an alternative concept in terms of plants assimilating sugar from their
139 environment. Hence, we reworded the original question and we added the description “from its
140 environment” to clarify our intension. Altogether three test-runs were implemented to develop
141 our final questions that do not allow ambiguous answers.

142 We used the following two items in the present study: A) “One of the oldest and
143 thickest trees in Bavaria is a 600-year old oak with a circumference of 7.1 m. In your opinion,
144 what does this tree assimilate from its environment during the day in order to form such a thick
145 trunk?”, which represents a basic question and B) “Explain in detail how, in your opinion, this
146 tree produces its timber with inclusion of the above mentioned terms.”, which is a more

147 complex question aiming to reveal substantial understanding of the biological processes of tree
148 assimilation and wood synthesis.

149 We used these open questions in order to avoid any restriction (possibly conveyed by
150 closed- or multiple-choice questions) and for capturing all concepts provided by students. In
151 total, 885 students (46.2% male; 53.8% female; mean age = 18.71 SD±3.87) participated in our
152 two question paper-and-pencil questionnaire. A detailed sample description including
153 demographic data is provided in Table S1.

154 **Data analysis**

155 Prior to statistical analysis we determined categories by applying a qualitative content analysis
156 (Mayring, P., 2001) to structure and condense our data by an inductive bottom-up approach.
157 Reliability of category assignment was estimated by an intra- inter-rater design (Cohen's
158 Kappa) (Cohen, 1960; Landis & Koch, 1977). Thereby randomly chosen 10% of all answers
159 given by participants were dedicated to the categories built: by the same person (intra-rater) and
160 by another person (inter-rater), who was not familiar with the data before. The higher the
161 agreement of dedicated categories is, the closer the reliability (Cohen's Kappa = 0-1; 1 meaning
162 100% agreement). This procedure revealed 11 categories for each question respectively, which
163 were assigned to scientific or alternative conceptions (Table S2). Those conceptions were
164 converted into binomial data, representing the presence or absence of a specific category in a
165 student. The sum of present categories indicates the expression of scientific or alternative
166 concepts in a student ranging depended on question A or B and number of concepts from zero
167 to five or six (question A: five scientific and six alternative concepts, question B: six scientific
168 and five alternative concepts) (Table S2). All concepts encountered were assigned to either
169 alternative or scientific conceptions. For definition we used two terms in this study: concept
170 and conception. Concept refers to particular students' ideas and conception reflects the nature
171 of understanding (e.g. all collected ideas, which meant similar issues). For instance, a student's

172 answer such as “a tree eats soil” resulting in the conception defined as the abstract
173 comprehension of something’s nature, in this case an alternative understanding of tree
174 assimilation “nutrients taken from soil” (=category). We assigned “mineral(s)” (i.e. all
175 inorganic substances that trees may absorb from soil), to scientific concepts and “nutrients” (i.e.
176 long-chain hydrocarbons, fats and proteins) to alternative concepts, since trees are autotrophic
177 organism that to not absorb nutrients from the environment.

178 All subsequent, analyses were conducted in R (The R Development Core Team 2014,
179 version 3.1.1; www.r-project.org). To explore general coexistence of distinct concepts we fit
180 Ward’s hierarchical cluster analysis (Norusis, 1993) by means of function *hclust* (R-package
181 *stats*). Afterwards we implemented k-means cluster analysis (Anderberg, 1973) by means of
182 function *k-mean* (R-package *stats*) to analyse the structure of the determined clusters. The
183 approach was validated by means of a contingency table (Tibshirani & Walther, 2005).
184 Coefficient of contingency (*C*) describes the interrelation between two variables and is always
185 $0 < C < 1$, whereas high *C* means high relations (highest accessible $C=C_{\max}$).

186 We fit ordered logistic regressions (Agresti, 2002) for simultaneously testing the
187 influence of educational background, age and sex as predictors on the sum of present categories
188 within each conception as response variable (function *polr*, R-package *MASS*). In addition, we
189 included the question as factorial predictor within the model, to account for possible differences
190 in conception expression between a basic (A) and a complex (B) question. To simultaneously
191 compare educational backgrounds (for instance 6th graders versus 10th graders) we implemented
192 pre-defined model contrast by means of function *glht* (R-package *multcomp*), which
193 automatically adjusts p-values for multiple testing (Hothorn et al., 2008). Second, we used
194 binomial linear models (function *glm*, R package *stats*) (MCCULLAGH & NELDER, 1989)
195 for testing the influence of educational background, age and sex as predictors on the coexistence
196 of scientific or alternative conceptions (conceptions coexist = 1, conceptions do not coexist =

197 0) as response variable. Again, pre-defined model contrast with automatically adjusted p-values
198 was used to compare educational backgrounds.

199 **Results**

200 By answering the open questions, the participants (n=885) provided several concepts per
201 question leading to a total of 1424 concepts for question A and 949 for question B, including
202 both scientific and alternative ones. Inter- and intra-rater reliability depicted the categorisation
203 of both questions as reliable reflected by a strength of agreement as “almost perfect” (ranging
204 from 0.81-1) (Landis & Koch, 1977). Cohen’s kappa coefficient for our questions was:
205 Question A $k = 0.97$, question B $k = 0.96$ (inter-rater) and $k = 0.98$ (intra-rater) for both
206 questions (Cohen, 1960).

207 Scientific concepts in question A were that trees assimilate minerals (i.e. all inorganic
208 substances that trees may absorb from soil), CO_2 , O_2 , light respectively sunshine and H_2O .
209 Alternative concepts were that trees assimilate nutrients (i.e. long-chain hydrocarbons, fats and
210 proteins) from their environments (see Table S2 for more categories and anchor examples).

211 In question A, 0.5% of students reported having no idea while 6.1% did not provide any
212 statement. In question B, 6.7% of the students had no idea and 24.0% did not provide any
213 statement. Excluding these missing answers we received five categories of scientific (77.2%)
214 and six categories of alternative conceptions (22.8%) for question A. Six categories of scientific
215 conceptions (50.1%) and five categories of alternative conceptions (49.1%) were present in
216 question B.

217 **Determinants of the expression of scientific and alternative** 218 **conceptions**

219 We revealed educational background as the major determinant of conception expression. In
220 question A, freshmen of natural science and freshmen of other academic studies expressed

221 significantly more scientific conceptions than 6th and 10th graders ($p < .001$ for all combinations)
222 but did not differ significantly from each other (Table 1). 10th graders provided significantly
223 more scientific and alternative conceptions than 6th graders. Natural science students provided
224 significantly fewer alternative conceptions than 10th graders ($p < .001$) and students of other
225 academic studies ($p = .01$).

226 In question B, natural science students displayed significant more scientific conceptions
227 than all other groups (Table 1). Freshmen from other academic fields displayed significantly
228 more scientific conceptions than 10th and 6th graders, whereas the latter groups did not differ
229 significantly from one another. Natural science students expressed significantly fewer
230 alternative conceptions than 10th graders and students of other academic studies.

231 Students' age yielded a significant negative effect on the expression of scientific
232 conceptions in both questions but no effect on the expression of alternative conceptions (Table
233 1). We found no significant effect of sex on the expression of scientific and alternative
234 conceptions in any model (Table 1) with one exception in Question B, where female natural
235 science students provided significantly ($p = 0.03$) more alternative conception (in sum) than
236 males (Table S3).

Table 1: Effect of educational background on expression of scientific and alternative conceptions tested with ordered logistic regressions and pre-defined model contrast for multiple comparisons among educational backgrounds (n = 885).

	Question A				Question B				
	Estimate	SD±	t-value	p-value ^a	Estimate	SD±	t-value	p-value ^a	
Scientific Conceptions	6 th graders-10 th graders	-0.43	0.14	-3.11	0.01	-0.52	0.26	-2.04	0.16
	6 th graders-Other studies	-1.18	0.17	-6.83	<0.001	-1.22	0.31	-3.88	<0.001
	10 th graders-Other studies	-0.75	0.15	-5.01	<0.001	-0.70	0.27	-2.60	0.04
	Natural science-6 th graders	1.25	0.18	7.07	<0.001	1.90	0.32	5.93	<0.001
	Natural science-10 th graders	0.81	0.15	5.34	<0.001	1.38	0.27	5.06	<0.001
	Natural science-Other studies	0.06	0.09	0.75	0.87	0.68	0.16	4.37	<0.001
	Sex [male - female]	0.12	0.07	1.74	0.29	0.21	0.13	1.60	0.38
	Age	-0.11	0.02	-5.90	<0.001	-0.09	0.03	-2.70	0.03
Alternative Conceptions	6 th graders-10 th graders	-0.66	0.26	-2.50	0.05	0.02	0.24	0.10	1.00
	6 th graders-Other studies	-0.19	0.32	-0.60	0.93	0.30	0.32	0.94	0.77
	10 th graders-Other studies	0.47	0.28	1.70	0.31	0.27	0.26	1.03	0.72
	Natural science-6 th graders	-0.31	0.33	-0.94	0.77	-0.77	0.33	-2.36	0.08
	Natural science-10 th graders	-0.97	0.28	-3.41	<0.001	-0.74	0.27	-2.71	0.03
	Natural science-Other studies	-0.50	0.16	-3.13	0.01	-0.47	0.16	-2.85	0.02
	Sex [male-female]	-0.32	0.13	-2.41	0.07	-0.14	0.13	-1.08	0.73
	Age	-0.07	0.03	-2.08	0.15	-0.02	0.03	-0.73	0.92

^a significant p-values are marked bold

Determinants of co-existence of conception

Both cluster analysis approaches revealed congruently two clear clusters in both questions (Figure 1). Ward's method and k-mean procedure for question A yielded a coefficient of contingency of $C=.82$ (with $C_{\max}=.83$, $n=885$ $p<.001$) whereas question B had a coefficient of contingency of $C=.50$ (with $C_{\max}=.83$, $n=885$, $p<.001$). In question A one alternative conception "food" and all scientific conceptions ("Minerals", "CO₂", "Light & sunshine"

TEILARBEIT A

and “H₂O”) except one were assigned to cluster 1. Cluster 2 consisted of one scientific conception (“O₂”) and all alternative conceptions (“Fresh air”, “Nutrients taken from soil”, “Warmth”, “Other alternative concepts” and “Conservation”) except one. For question B four out of six scientific conceptions (“Lignification”, “New layer of wood”, “Celluloses (chemical process)”, and “Photosynthesis”) were found in cluster 1 while all alternative conceptions (“Other alternative concepts”, “H₂O & minerals”, “Deposit and stratification”, “Assimilation of nutrient and soil” plus “Converting of nutrients taken from soil”,) mixed with two scientific conceptions (“Light & sunshine” and “With energy”) were located in cluster 2 (Figure 1).

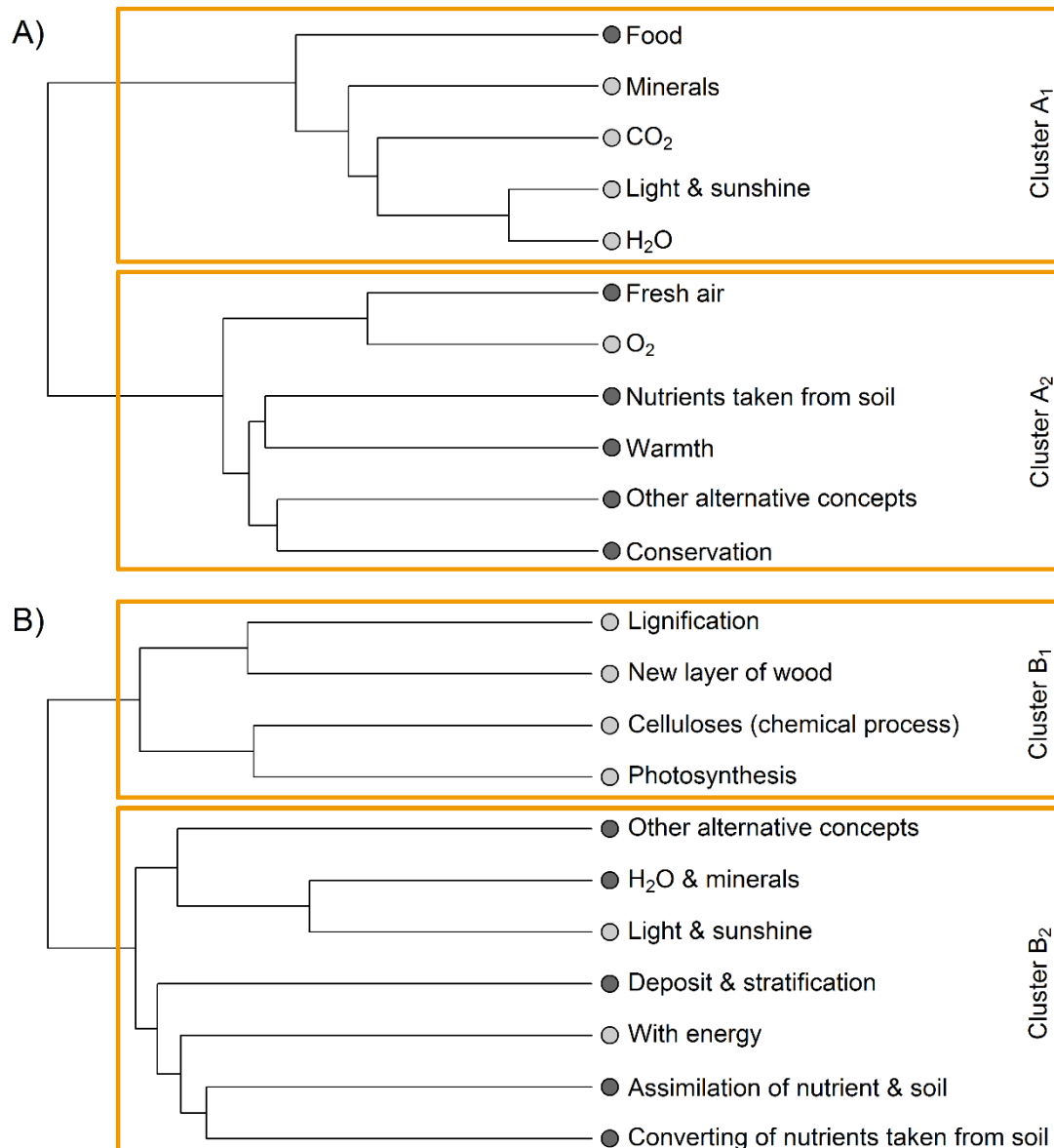


Figure 1: Cluster analysis (based on ward's method and k-mean procedure) for co-existence of scientific (light grey) and alternative (dark grey) conceptions (N=885).

Older students provided significantly fewer fragmented conceptions than younger students in question A. 6th graders provided significantly more co-existing conceptions than 10th graders and students of other academic studies. Natural science students displayed a more fragmented knowledge profile than students from other studies. Female students had

more co-existing conceptions than male students in question A. However, we found no significant effects of educational background or age within question B (Table 2).

Table 2: Co-existence of scientific and alternative conceptions in dependence of educational background (6th graders, 10th graders, natural science freshmen, and other academia studies freshmen), sex and age; based on binomial-linear models and pre-defined model contrast for multiple comparisons among educational backgrounds (n = 885).

	Question A				Question B			
	Estimate	± SD	t-value	p-value ^a	Estimate	± SD	t-value	p-value ^a
Sex [male - female]	-0.28	0.14	-1.99	0.05	-0.07	0.16	-0.47	0.64
Age	-0.12	0.04	-3.48	0.00	-0.03	0.04	-0.75	0.45
10 th graders - Other studies	0.24	0.32	0.74	0.88	-0.10	0.32	-0.31	0.99
6 th graders - Other studies	-0.94	0.34	-2.74	0.03	-0.35	0.37	-0.95	0.77
Natural science - Other studies	-0.49	0.17	-2.95	0.02	-0.17	0.19	-0.93	0.78
6 th graders - 10 th graders	-1.18	0.30	-3.89	<0.001	-0.25	0.30	-0.84	0.83
Natural science - 10 th graders	-0.73	0.32	-2.26	0.10	-0.07	0.32	-0.23	1.00
Natural science - 6 th graders	0.45	0.35	1.29	0.55	0.18	0.38	0.47	0.96

^aadjusted p values reported (single-step method), significant p-values marked bold

Different presence of scientific and alternative conceptions within the two questions

Independent of educational background, significantly more scientific conceptions were present in question A compared to question B (Table S4). Freshmen of natural sciences and other academic studies displayed significantly more alternative conceptions in question A than in question B. 10th graders provided more alternative conceptions in A than in B while

6th graders showed no significant difference in the expression of alternative conceptions (Figure 2, Table S4).

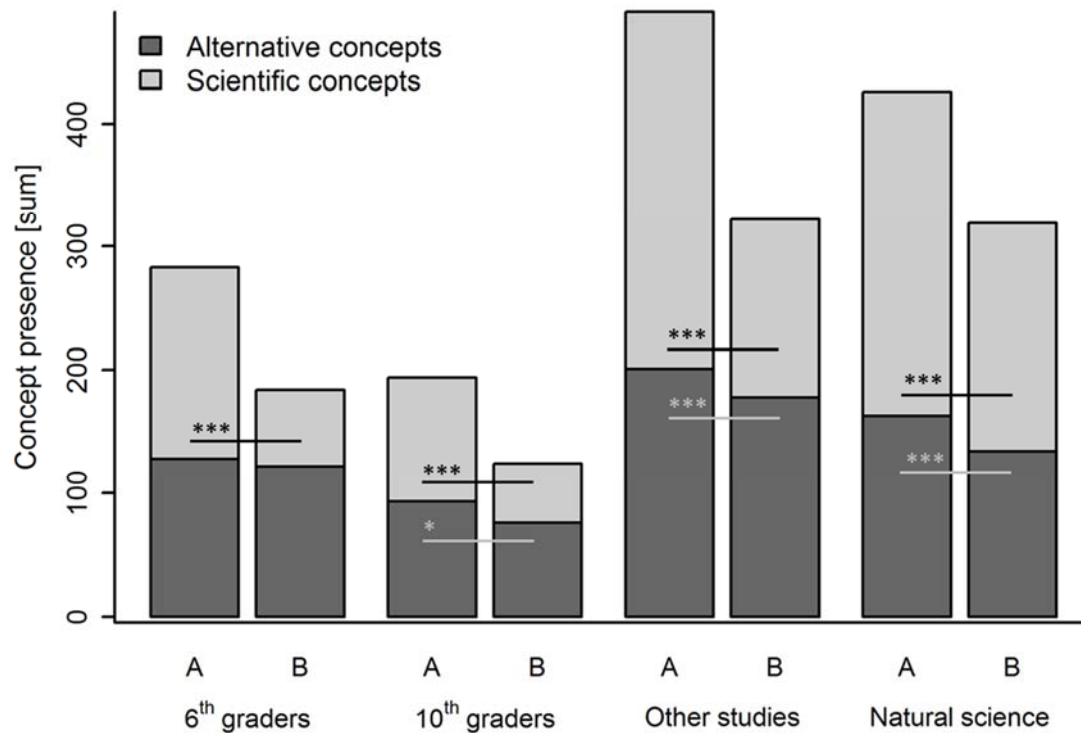


Figure 2: Presence of scientific and alternative conceptions divided by questions and educational backgrounds (N=885, based on GLM, concepts as command variable with educational background, sex and age as random factor, for multiple comparison adjusted significance levels are marked by * <0.05 , ** <0.01 , *** <0.001 above lines, for exact p-values see Table S4).

Discussion

Our study demonstrated that scientific and alternative conceptions can co-exist in the framework of tree assimilation, photosynthesis and wood synthesis. Furthermore, older students and students with advanced educational background expressed fewer alternative conceptions, resulting in a more integrated knowledge profile, which is in line with previous studies. For example Liu and Lesniak (Liu & Lesniak, 2006) demonstrated that

students' conceptions of composition of substances integrates from "macroscopic to microscopic" from 1st to 10th grade. Thus, older and higher educated students provide more microscopic explanation.

Education fosters accumulation of scientific conceptions

Bledsoe (Bledsoe, 2013) explained a "learning sequence" in which decreasing alternative conceptions occur in as students' understanding develops. Therefore, we might expect an increase in scientific conceptions parallel to age and education. This seems true for question A as age was a determining factor and more scientific conceptions were found with increasing educational levels except for both freshman populations. An explanation for the missing differences between natural science freshman and other academic studies freshman might originate in the phenomenon called plant blindness (Bozniak, 1994). Schussler and Olzak (Schussler & Olzak, 2008) showed that even college students enrolled in botany classes exhibit this phenomenon of ignoring plants within the individual concept architecture. Since the 1980s teachers have been aware of the difficulty of teaching photosynthesis, and therefore they regard photosynthesis as the most important topic (Finley, Fred N., Stewart, James, Yarroch, 1982). Due to difficulty and importance the topic is constantly implemented within 6th and 10th grades as well as senior classes and higher education syllabi. Therefore, repeated attention to the topic might lead to a higher expectation for the integration of scientific conceptions following increasing educational levels and age, respectively. Our data suggest a similar pattern as natural science students provided significantly more scientific conceptions than all the other groups, while freshmen from other academic fields expressed significantly more scientific conceptions than 6th and 10th graders.

Concrete reasons for the different patterns should be investigated further in more qualitative studies using interviews. However, we can propose some reasons based on previous research.

Finley and colleagues demonstrated knowledge to be forgotten when it was gained due to pure memorising efforts made to properly pass exams (Finley, Fred N., Stewart, James, Yarroch, 1982). Ekici and colleagues reason students to be memorising the chemical equation of photosynthesis without understanding the underlying biological principles (Ekici et al., 2007). Both studies suggest a possible explanation for the similar scoring of our 6th and 10th graders who did not differ significantly within the expression of scientific conceptions. The groups are likely to have forgotten their old knowledge about photosynthesis which they learnt in the 6th grade as it was not needed until 10th which apparently yielded a lack of engagement with the topic that could have formed a deeper understanding.

Our university freshmen, however, were confronted more often with the correct scientific understanding of photosynthesis during their educational life leading to the integration of more scientific conceptions. As expected, natural science students provided more specific and detailed information, for example including enzymes within the process of photosynthesis and wood synthesis, but like all other groups often lacked a meaningful and general view which is in line with existing literature (Carlsson, 2002; Ekici et al., 2007; Stavy et al., 1987).

We could not find any significant effect of sex on expression of conceptions, except that female natural science students provided a higher number of alternative conceptions than males (Table S3). The literature reports gender differences in language use “in form, topic, content and function” [37, p.116]: Females often tend to use more words implying their opinion, “while men tend to orientate to its referential function” [38, p.30]. That

indicates why in our case, we found females to enumerate more alternative concepts than males only in that special case. “In sum scores, boys had a larger score variance in total general knowledge and most domains, with exceptions in [...] Biology [...] where girls had a larger score variance” (Tran, Hofer, & Voracek, 2014). Tran and colleagues concluded that differences in knowledge of biology between sexes are inconsistent while overall there was no evidence for biologically differentiated interests between female and male students. They also suggested that “previous research likely overestimated sex differences in general knowledge” (Tran et al., 2014).

Fragmented knowledge profiles: “Trees live on soil and sunshine!”

Despite our educational subgroups being increasingly taught scientific information, the presence of alternative conceptions remained almost untouched. This discrepancy is in agreement with Sinatra et al. (Sinatra G. M., Kienhues, & K., 2014) who depicted naïve positions as coexisting with scientific understanding. This phenomenon results from the nature of alternative conception which are regarded as being resistant to change and thus difficult to overcome by traditional methods (Fischer, 1985). The majority of study participants held scientifically correct concepts about substances which a tree needs to assimilate from its environment (question A), but these occurred along with alternative ones, as the individual statement ‘trees live on soil and sunshine!’ highlights. The correct scientific conception “sunshine” (needed for photosynthesis) is nested within one cluster (A1, question A) together with the alternative conception “food” and other scientific conceptions. Consequently, a fragmented knowledge profile exists which is congruent with our Cluster A2 (question A) as it comprises the scientific conception “O₂” in parallel with the alternative conception “nutrients taken from soil”. The alternative concept that “food is

needed to grow” is a well-known alternative conception within literature (Bledsoe, 2013; Braun, T. & Schrenk, 2012; Haslam & Treagust, 1987; Stavy et al., 1987). Students tend to see plants as dependent on humans and even as inferior (Stavy et al., 1987). Based on their experience “food” is needed for human and animal life, which probably leads to the conception of plants being dependent on “food” from the environment (Braun, & Schrenk, 2012) which especially the younger students refer to as “food” (Bledsoe, 2013). Even 8th graders often state that “plants get their food from their environment as animals do” [35, p.115]. Students mentioned oxygen which is needed for respiration and energy generation to power photosynthesis as an endergonic process. Interestingly, younger students seemingly do not differentiate between “O₂” and “fresh air” as these two conceptions occur within one single clade. However, whether oxygen was mentioned due to humanisation or to other reasons cannot be distinguished. Probably the first aspect was on hand in most cases as will be concluded when taking question B into account later. The alternative conception “conservation” in question A emphasises students’ assumption about plants relying on man. “Warmth” and “fresh air” presumably testify to analogies which students drew from their own experiences by transferring these views to plant life.

Regarding question B the first cluster (B1) can be described as a “scientific” cluster, consisting of sophisticated concepts which lead to a correct explanation of wood synthesis. This cluster was dominantly but not exclusively provided by natural scientists. Cluster B2 can be described as a “fragmented cluster” which comprises a mixture of scientific and alternative conceptions. Beyond two scientific conceptions and four other alternative conceptions, “assimilation of nutrition and soil”, a prominent alternative conception, is part of this cluster. This conception is well-known in the literature. Students of the “fragmented” cluster apparently are not able to approach the biological topic of plants on a more chemical basis, although energy is specifically mentioned as a concept. This is in line with Stavy et

al. (Stavy et al., 1987) who accounts for students' difficulty explaining biological phenomena from a chemical perspective as "students try to construct a coherent and logical [...] view of the world from limited knowledge they possess" (p.110) about photosynthesis and related processes. It appears that students tend to reorganise their knowledge only within one domain but not across different fields. Additionally our study demonstrated that older students had less fragmented knowledge than younger, meaning less co-existence of alternative and scientific conceptions. Interestingly, in question A, natural science students had a higher co-existence of the two different conceptions than other academic studies (Table 2). One reason probably is that natural scientists enumerated all scientific correct answers they knew due to their education but additionally provided all alternative concepts they ever had. In question B, we detected no differences between the educational backgrounds. This finding suggests that alternative conceptions are very hard to overcome (Fischer, 1985) and instead of replacing alternative conceptions with scientifically correct ones, students keep both. Our results as well as the existing literature support the coexistence of different conceptions. This process of generating knowledge, meaning learning scientifically correct concepts whilst keeping the alternative ones, was previously described by Vosniadou and Ortony (Vosniadou & Ortony, 1989). All subgroups featured uniform alternative conceptions probably because these "worked" in their everyday lives as described by Bledsoe (Bledsoe, 2013). This is in line with Schneider and Hardy (Schneider & Hardy, 2012) who described "clear evidence for the coexistence of inconsistent pieces of knowledge in learners" (p.1647), which is confirmed by our findings. These co-existing conceptions highlight the need to support students in reorganising their accumulated knowledge.

Complexity fosters understanding

All students, irrespective of educational background, provided significantly more scientific conceptions in question A than in question B. This is possibly caused by the complexity of question B, which focused on a deeper understanding of the biological wood synthesis process in contrast to the more basic question A which focused on enumerating factors of tree assimilation. The two freshman populations and the participating 10th graders provided significantly more alternative conceptions in question A than in B while we did not find any significant difference within 6th graders. One reason could be the varying complexity of both questions: whereas question A requires enumeration of important substances, question B needs a deeper understanding. Consequently, older students may have named just everything they knew in question A while in question B they tended to reject any answer or provided the statement “I don’t know”. In contrast, our sampled 6th graders did not hesitate to creatively explain their understanding of wood synthesis using alternative conceptions as they had in question A.

Photosynthesis challenges biological education

Difficulties in understanding photo-autotrophy have been known since the 1980s (Stavy et al., 1987) revealing, amongst others, the alternative conception “nutrition taken from soil”. Students still express a need for “food” from soil in connection with photosynthesis nowadays, despite numerous classroom efforts in the past. Carlson (Carlsson, 2002) describes teachers as teaching according to their own conceptual understanding which can differ from a scientifically correct one. Thus, students’ alternative conceptions just echo a teacher’s understanding (Tullberg, Strödahl, & Lybeck, 1994). As students of the 1980s nowadays are likely to serve as in-service teachers, alternative conceptions of the 1980s can still be taught to the next generations. Hence further supporting mechanisms in teacher

education are needed to restructure knowledge for appropriate teaching, particularly since even natural science freshmen displayed co-existence of both conception levels. However, repeatedly encountering photosynthesis during their education increased the expression of scientific conceptions by our participants, reflected in increasing expression of scientific conceptions among higher educational levels (Table 1). Nevertheless, daily life does not require understanding the complete interrelations of this thematic field. As Bledsoe (Bledsoe, 2013) explains “knowing some elementary ideas“ (p.31) is sufficient. It is stated that “[...] naïve theories survive the acquisition of a mutually incompatible scientific theory, coexisting with that theory for many years to follow.” [45, p. 209]. Consequently there seems to be no need to reorganise existing knowledge structures even for natural scientists. Against this background it is crucial to see if scientists who are working in the field of photosynthesis still hold some alternative conceptions. As Shtulman and Valcarcel (Shtulman & Valcarcel, 2012) found, people experienced in science and under time-pressure are slow to verify naïve statements. On the other hand, Masson et al. (Masson, Potvin, Riopel, & Foisy, 2014) detected neurological reasons for the inhibition of alternative conceptions by scientific experts. Thus Sinatra et al. (Sinatra et al., 2014) highlights that even well-trained scientists are not immune to hold alternative conceptions. Consequently, student-tailored interventions are needed to promote a conceptual change within our sample. Effective ways are student-centred, hands-on experiences or concept cartoons which confront students directly with their alternative conceptions (Braun, T. & Schrenk, 2012; Ekici et al., 2007; Schneider & Hardy, 2012; Sellmann, Liefländer, & Bogner, 2015). Providing further support in a “real-world context” would be promising as well as student’s conceptions are context- and even situation-specific (Chu & Treagust, 2014).

Conclusions

Despite significant research effort to improve teaching strategies has been undertaken since the 1980s, scientific and alternative conceptions still co-exist in students' minds. Throughout our analysis, educational background was the most important determinant for increasing scientific conceptions and fosters accumulation of scientific concepts. Nevertheless, even science students kept some alternative conceptions although they knew the correct scientific ones. Hence our data suggest that teaching of photosynthesis and wood assimilation should be repeated along ascending educational levels to foster understanding and overcome alternative conceptions. Such repeated teaching should not only take place in classrooms, but also in university courses to strengthen future teachers' scientific conceptions, which will then be transferred to learners.

Acknowledgments

We are grateful to all participants who supported this study by answering our questionnaire. We thank Richard Beggs for linguistic revision of the manuscript. Financial support was granted by the Open Discovery Space Project funded by European Union CIP PSP Grant Agreement No. 297229 and the University of Bayreuth. Publishing fees were covered by the funding programme "Open Access Publishing" of the University of Bayreuth with support of the "Deutsche Forschungsgemeinschaft".

Author Contributions

Conceived and designed the experiments: CJT and KB. Performed the experiments: CJT and KB. Analysed the data: CJT, KB and ST. Contributed to the writing of the manuscript: CJT, KB, ST and FXB.

References

- Abraham, J. K., Perez, K. E., Downey, N., Herron, J. C., & Meir, E. (2012). Short lesson plan associated with increased acceptance of evolutionary theory and potential change in three alternate conceptions of macroevolution in undergraduate students. *CBE Life Sciences Education, 11*(2), 152–64. doi:10.1187/cbe.11-08-0079
- Agresti, A. (2002). *Categorical Data* (second). Wiley.
- Anderberg, M. R. (1973). *Cluster analyses for applications*. New York: Academic.
- 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*, 952–978.
- Andrews, T. M., Price, R. M., Mead, L. S., McElhinny, T. L., Thanukos, A., Perez, K. E., Lemons, P. P. (2012). Biology undergraduates' misconceptions about genetic drift. *CBE-Life Sciences Education, 11*, 248–259.
- Bahar, M. (2003). Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational Sciences: Theory & Practice, 3*(May 2003), 55–64. Retrieved from <https://edam.com.tr/kuyeb/pdf/en/a046f2fec0a830f47a32cf69a0385f80haring.pdf>
- Bledsoe, K. E. (2013). “Starch is Very Fatty”: Understanding the Logic in Undergraduate Student Conceptions about Biological Molecules. *Electronic Journal of Science Education, 17*(2), 1–35.
- Bozniak, E. C. (1994). Challenges facing plant biology teaching programs. *Plant Science Bulletin, 40*(2), 42–46.
- Braun, T. & Schrenk, M. (2012). Effects of Experiments for Students' Understanding of Plant Nutrition. (D. Krüger & M. Ekborg, Eds.) *Research in Biological Education A selection of papers presented at the IXth Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Carlsson, B. (2002). Ecological understanding 1: Ways of experiencing photosynthesis. *International Journal of Science Education, 24*(7), 681–699. doi:10.1080/09500690110098868
- Chu, H., & Treagust, D. (2014). Secondary Students' Stable and Unstable Optics Conceptions Using Contextualized Questions. *Journal of Science Education and Technology, 23*, 238–251. doi:10.1007/s10956-013-9472-6
- Cohen, J. (1960). A coefficient for agreement for nominal scales. *Education and Psychological Measurement, 20*, 37–46.

- diSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28, 843–900. doi:10.10.1207/s15516709cog2806_1
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5–12.
- Ekici, F., Ekici, E., & Aydin, F. (2007). Utility of Concept Cartoons in Diagnosing and Overcoming Misconceptions Related to Photosynthesis. *International Journal of Environmental & Science Education*, 2(4), 111–124.
- Finley, Fred N., Stewart, James, Yaroch, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66(4), 531–538.
- Fischer, K. M. (1985). A Misconception in Biology: Aminoacids and Translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 53–56.
- Haas, A. (1979). Male and female spoken language differences: Stereotypes and evidence. *Psychological Bulletin*, 86(3), 616–626.
- Hammer, D. (1996). More than misconceptions: multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics*, 64, 1316–1325.
- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203–211.
- Hokayem, H., & BouJaoude, S. (2008). College students' perceptions of the theory of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 395–419.
- Holmes, J. (1995). *Women, men and politeness.*: New York: Longman.
- Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal*.
- Kalinowski, S. T., Andrews, T. M., Leonard, M. J., & Snodgrass, M. (2012). Are Africans, Europeans, and Asians different “races”? A guided-inquiry lab for introducing undergraduate students to genetic diversity and preparing them to study natural selection. *CBE-Life Sciences Education*, 11, 142–151.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. doi:10.2307/2529310
- Liu, X., & Lesniak, K. (2006). Progression in children's understanding of the matter concept from elementary to high school. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 320–347. doi:10.1002/tea.20114

- Machery, E. (2010). Précis of doing without concepts. *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 195–206. doi:10.1017/S0140525X09991531
- Maskiewicz, A. C., & Lineback, J. E. (2013). Misconceptions are “so yesterday!” *CBE Life Sciences Education*, 12, 352–356. doi:10.1187/cbe.13-01-0014
- Masson, S., Potvin, P., Riopel, M., & Foisy, L. M. B. (2014). Differences in brain action between novices and experts in science during a task involving a common misconception in electricity. *Mind, Brain and Education*, 8, 44–55.
- Mayring, P. (2001). Combination and Integration of Qualitative and Quantitative Analysis. Retrieved October 1, 2014, from <http://www.qualitative-research.net/fqs/fqs.htm>
- McCullagh, P., & Nelder, J. (1989). Generalized linear models (Monographs on statistics and applied probability 37. Lavoisier.fr. Retrieved from <http://www.lavoisier.fr/notice/gbYNOOXLRY23DRKO.html>
- Nehm, R. H., & Schonfeld, I. S. (2008). Measuring knowledge of natural selection: a comparison of the CINS, an open-response instrument, and an oral interview. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 1131–1160.
- Norusis, M. J. (1993). SPSS for Windows professional statistica release 6.0. Chicago: SPSS.
- Piaget, J. (1937). La construction du réel chez l'enfant. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé, 311.
- Schneider, M., & Hardy, I. (2012). Profiles of inconsistent knowledge in children's pathways of conceptual change. *Developmental Psychology*, 49(9), 1639–1649.
- Schussler, E. E., & Olzak, L. a. (2008). It's not easy being green: student recall of plant and animal images. *Journal of Biological Education*, 42(3), 112–119. doi:10.1080/00219266.2008.9656123
- Sellmann, D., Liefländer, A. K., & Bogner, F. X. (2015). Concept maps in the classroom: A new approach to reveal students' conceptual change. *The Journal of Educational Research*, 1–8. doi:10.1080/00220671.2014.896315
- Shtulman, A., & Valcarcel, J. (2012). Scientific knowledge suppresses but does not supplant earlier intuitions. *Cognition*, 124(2), 209–215.
- Sinatra G. M., Kienhues, D., & K., H. B. (2014). . Addressing Challenges to Public Understanding of Science: Epistemic Cognition, Motivated Reasoning, and Conceptual Change. *Educational Psychologist*, 49(2), 123–138.

- Smith, J., DiSessa, A., & Rochelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: a constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of Learning Science, 3*, 115–163.
- Stavy, R., Eisen, Y., & Yaakobi, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *School of Education, 9*(1), 105–115.
doi:10.1080/0950069870090111
- Straatemeier, M., & van der Maas, H. L. J. Jansen, B. R. J. (2008). Children's knowledge in the earth: A new methodological and statistical approach. *Journal of Experimental Child Psychology, 100*, 276–296. doi:10.1016/j.jecp.2008.03.004
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In *Cognitive Structure and Conceptual Change* (pp. 189–210). Orlando, FL: LHTWest and AL Pines, Press, Academic.
- Thaden-Koch, T. C., Dufresne, R. J., & Mestre, J. P. (2006). Coordination of knowledge in judging animated motion. *Physics Education Research, 2*, 1–11.
- Tibshirani, R., & Walther, G. (2005). Cluster Validation by Prediction Strength. *Journal of Computational and Graphical Statistics, 14*(3), 511–528.
- Tran, U. S., Hofer, A. a., & Voracek, M. (2014). Sex Differences in General Knowledge: Meta-Analysis and New Data on the Contribution of School-Related Moderators among High-School Students. *PLoS ONE, 9*(10), e110391.
doi:10.1371/journal.pone.0110391
- Tullberg, A., Strödahl, H., & Lybeck, L. (1994). Students' conceptions of 1 mole and educators' conceptions of how they teach "the mole." *International Journal of Science Education, 16*, 145–156.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (1989). Similarity and analogical reasoning: A synthesis. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 1–17). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2013). Conceptual Change from the Framework Theory Side of the Fence. *Science and Education, 1*–19. doi:10.1007/s11191-013-9640-3

Supporting Information

S1 Table: Sample description class-divided according to educational background (N=885).

Educational background	Students	Male [%]	Female [%]	Age \pm SD
6th grade	167	47.9	52.1	12.86 \pm 0.98
10th grade	103	51.5	48.5	15.60 \pm 0.60
Other studies	309	35.2	64.8	20.92 \pm 2.60
Natural science	306	56.1	43.9	20.59 \pm 2.00
Total	885	46.2	53.8	18.71 \pm 3.87

S4 Table: Conception levels in comparison between question A and B.

Question A vs. question B		Estimate	\pm SD	z-value	p-value ^a	
Scientific conception	Scientific concept overall	-2.47	0.14	-17.41	<0.001	***
	6th graders	-3.10	0.34	-9.12	<0.001	***
	10th graders	-4.06	0.74	-5.49	<0.001	***
	Other studies	-3.13	0.29	-10.84	<0.001	***
	Natural science	-1.41	0.20	-6.94	<0.001	***
Alternative conception	Alternative concept overall	-0.63	0.10	-6.38	<0.001	***
	6th graders	-0.38	0.22	-1.67	0.33	
	10th graders	-0.95	0.32	-3.00	0.01	*
	Other studies	-0.68	0.16	-4.12	<0.001	***
	Natural science	-0.62	0.17	-3.75	<0.001	***

N=885, ^a significant p-values marked bold, signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ', 1, based on GLM (general linear model), concepts as command variable with educational background, sex and age as random factor

S2 Table: Categories per level of conception within question A and B.

<i>Level of Conception</i>	Question A	Example A	Question B	Example B
<i>Scientific Conception</i>	H ₂ O	“The oak needs to take water from the soil.”(female, age 13) ¹	Photosynthesis	“By means of sunlight and CO ₂ the tree conducts photosynthesis [...] thereby it thrives and prospers.” (male, age 25) ⁴
	Light & sunshine	“It needs to assimilate [...], light to become that big.” (male, age 13) ¹	Celluloses (chemical process)	“The wood of the trunk derives of a chemical process in which cellulose is produced”(male, age 19) ⁴
	CO ₂	“Using photosynthesis the tree assimilates carbon dioxide [...]” (male, age 15) ²	Lignification	“[...] Lignin is brought into the outer cells, these cells become lignified.” (female, age 18) ⁴
	O ₂	“It needs to take in oxygen [...] to become that big”(male, age 12) ¹	With energy	“...energy is used to foster cell growth and cleavage...”(male, 20) ³
	Minerals	“To survive so many years the tree needs to assimilate water solute mineral nutrients [...]” (female, age 13) ²	Sun & light	“using sunlight the tree grows upwards and the trunk gets thickened”(female, age 15) ²
				New layer of wood
<i>Alternative conception</i>	Fresh air	“...needs fresh air, otherwise it dies” (male, age 20) ³	Converting of nutrients	“It converts nutrients into cells...”(female, age 21) ³
	Food	“it needs food to grow” (female, age 16) ²	Deposit & stratification	Components are deposited inside and sometimes more space is needed therefore the tree gets thicker.”(male, age 15) ²
	Warmth	“sun and the adequate warmth are important”(male, age 12) ¹	H ₂ O & minerals	“First, there is a small tree then it grows because of water and mineral nutrients...”(male, age 12) ¹
	Conservation	“This tree needs conservation.”(female, age 14) ²	Assimilation of nutrient & soil	“The tree assimilates nutrients and soil and by utilising these it produces wood.”(male, age 19) ³
	Nutrient (taken) from soil	“It needs to assimilate important nutrients from the soil”(male, age 12) ¹	Other alternative conception	“if the tree is happy it grows better”(female, age 14) ²
	Other alternative conception	“...and love <3”(female, age 20) ³		
<i>No idea</i>	No idea	“ No idea I’m not a “tree researcher””(male age 14) ²	No idea	“I don’t know!” (female, age 13) ¹
<i>No answer</i>	No answer	/	No answer	/

¹6th grade, ²10th grade, ³freshman other studies, ⁴freshman natural science, N=885, generated with an inductive bottom-up approach after Mayring (2001)

S3 Table: Sex Effect on scientific and alternative conceptions.

		Estimate	± SD	t-value	p-value ^a		
Question A	Scientific Conception	overall sex female - male	0.12	0.25	0.47	0.64	
		6th graders female - male	0.11	0.60	0.19	1.00	
		10th graders female - male	14.29	557.81	0.03	1.00	
		Other studies female - male	-0.02	0.56	-0.03	1.00	
		Natural science female - male	0.00	0.37	0.01	1.00	
		age	-0.21	0.03	-6.21	<0.001	***
	Alternative Conception	overall sex female - male	-0.15	0.14	-1.08	0.28	
		6th graders female - male	0.14	0.32	0.43	0.99	
		10th graders female - male	0.28	0.49	0.57	0.97	
		Other studies female - male	0.50	0.24	2.10	0.14	
		Natural science female - male	0.04	0.24	0.15	1.00	
		age	-0.08	0.02	-4.34	<0.001	***
Question B	Scientific Conception	overall sex female - male	0.03	0.14	0.19	0.85	
		6th graders female - male	0.08	0.32	0.25	1.00	
		10th graders female - male	-0.37	0.40	-0.93	0.83	
		Other studies female - male	-0.36	0.23	-1.53	0.42	
		Natural science female - male	0.11	0.24	0.47	0.98	
		age	0.03	0.02	1.93	0.05	*
	Alternative Conception	overall sex female - male	-0.15	0.14	-1.07	0.28	
		6th graders female - male	-0.05	0.31	-0.16	1.00	
		10th graders female - male	0.13	0.40	0.32	1.00	
		Other studies female - male	0.05	0.24	0.21	1.00	
		Natural science female - male	0.76	0.29	2.67	0.03	*
		age	-0.08	0.02	-4.24	<0.001	***

N=885, ^a significant p-values marked bold, signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ', 1, based on general linear model (GLM), concepts as command variable and educational background, sex and age as random factor

5.4 Teilarbeit B

Thorn, C. J. & Bogner, F. X. (2015)

Is system-related knowledge the easiest to gain? –

How a student-centered education program intervenes with knowledge dimensions

Studies in Educational Evaluation (STEE)

submitted (Januar 2016)

1 **Is system-related knowledge the easiest to gain? –**

2 **How a student-centered education program intervenes with knowledge dimensions**

3

4 **Christine J. Thorn.** University of Bayreuth, Universitätsstraße 30, NW II, 95447
5 Bayreuth, Germany. Christine.Thorn@uni-bayreuth.de

6

7 **Christine J. Thorn** is PhD candidate in Biological Education at the University Bayreuth,
8 Germany. Her research interests focus on student-centred learning with green conservation
9 issues within formal and informal contexts.

10

11 **Franz X. Bogner.** University of Bayreuth, Universitätsstraße 30, NW II, 95447 Bayreuth,
12 Germany. Franz.Bogner@uni-bayreuth.de

13

14 **Franz X. Bogner** is professor on the Bavarian Chair of Biology Education and Head of the
15 Centre of Math and Science Education (Z-MNU) at the University Bayreuth. His research
16 interests concentrate on intervening with green attitudes (2-MEV) and values (GEB) via
17 formal and informal inquiry-based learning.

18

19 Corresponding author: Christine J. Thorn, Christine.Thorn@uni-bayreuth.de

20 +49 0921/55-3029

21

22

23

24

25

26 *Highlights*

27 1.) Participants gained significant short-term knowledge and were able to retain this
28 increase for six months.

29 2.) The knowledge increase mainly originated from system-related knowledge, which
30 students learned best.

31 3.) The knowledge dimension effectiveness-related knowledge remained totally
32 unaffected.

33 4.) Females learned more in short-term perspective, whereas in long-term perspective
34 both sexes achieved the same knowledge level.

35

36 *Abstract*

37 Raising awareness of environmental problems requires a foundation of knowledge, which
38 consists of complex dimensions: system-, action- and effectiveness-related knowledge. Our
39 educational program focused on those dimensions by providing learning stations about
40 conservation issues in a forest ecosystem. We monitored 301 students four times: two
41 weeks before (T0), immediately after (T1), six weeks (T2) and six months after program
42 participation (T3). We used linear mixed effects models to examine the overall knowledge
43 level and the knowledge dimensions' increase. The knowledge dimensions were calibrated
44 on the basis of a Rasch-model. Participants in total gained significant short-term knowledge
45 and retained this increase for six months. This increase mainly originated from system-
46 related knowledge, whereas effectiveness-related knowledge remained unaffected.
47 Nevertheless, we expect the latter to correlate with system-related knowledge. Therefore,
48 our educational intervention approved system-related knowledge as basis of the next
49 generations' awareness of conservation initiatives.

50

51 *Keywords:* cognitive learning, sex effect, environmental education, 6th to 8th graders,
52 educational conservation module

53

54 ***Introduction***

55 Forests yield important resources for timber, fuelwood or food (Boucher et al., 2009), and
56 are thus a frequent objects of exploitation. The acquisition of natural resources for human
57 needs often is associated with degrading forest ecosystems. These worldwide land-use
58 activities consistently lead to a widespread rearrangement of our planet's surface. The
59 exponentially growing world population and a consequent increase leads to a steady
60 increase of the pressure on forest ecosystems, so that ecosystem services and biodiversity
61 of forest ecosystems are even more likely to be diminished by human utilization (Foley et
62 al., 2005). This leads to substantial biodiversity loss, a trend which is likely to continue
63 (Díaz et al., 2006). The exploitation of forests additionally destroys the potential of forest
64 ecosystems as carbon sinks (Valentini et al., 2000). Nature conservation initiatives mainly
65 need to acquire sustained knowledge and understanding of forest ecosystems. The
66 responsibility for future decisions about conservation or global change issues stands in the
67 power of the young generation. As their awareness of this responsibility cannot be taken
68 for granted, in consequence sufficient knowledge bases are needed, to provide a solid
69 foundation for relevant decisions. It is necessary to develop appropriate education programs
70 dealing with these context. In order to reach optimal results, a sufficient understanding of
71 learning programs' effects on cognitive achievement is essential.

72

73

74

75

76 ***Theoretical background***77 *Environmental Initiatives: Student-centered learning & learning stations*

78 Education programs, both in-class and out-of-class programs, are often developed to
79 transfer environmental knowledge especially to the younger generation (Leeming, Dwyer,
80 Porter, & Cobern, 1993). As we know from many classroom studies, a sustainable transfer
81 of knowledge between individuals is a complex issue of constructivism. The construction
82 of individual knowledge requires active thinking of each learner (Cakir, 2008) which needs
83 appropriate learning environments. According to a constructivist view, individual hands-
84 on activities strongly support meaningful learning, because the most genuine approach to
85 constructivists is learning through activity and therefore learning by individual thinking
86 (Mayer, 2004). Of many options, a hands-on learning approach based on individual learner
87 stations is regarded as suitable approach to foster interest, motivation and critical thinking
88 ability about the local environment (Poudel et al., 2005). A variety of educational programs
89 in nature conservation were shown effective when following this instructional approach
90 (e.g., Dieser & Bogner, 2015; Randler, Ilg, & Kern, 2005). During hands-on learning
91 activities, a teacher is supposed to simply act as mentor and does not directly affect learning
92 processes (Settlage, 2000), as students work cooperatively in small groups at learning
93 stations with self-instructional material (D. W. Johnson & Johnson, 1999). Such a learning
94 environment is commonly considered to support individual cognitive achievements (Lord,
95 2001): Other studies have indicated higher retention scores in knowledge (Felder, Baker-
96 Ward, Dietz, & Mohr, 1992), or an increase in short- and long-term cognitive achievement
97 for student-centered approaches (Sturm & Bogner, 2008). Especially environmental
98 education programs focusing on specific nature conservation topics such as bird
99 conservation (Bogner, 1999) or amphibians protection (Randler et al., 2005) are shown to
100 be effective when following student-centered approaches. These approaches might better

101 serve as a common umbrella for appropriate initiatives to support long-term knowledge
102 acquisition (Schmid & Bogner, 2015).

103 Most initiatives are used to address females' and males' cognitive knowledge, as
104 males often know more about environmental topics and issues (e. g., Coertjens, Pauw,
105 Maeyer, & Petegem, 2010). Research has focused on sex differences in the STEM field
106 (*science, technology, engineering and mathematics*) and for this reason also on
107 environmental knowledge. In contrast to the individual knowledge situation, females in
108 general tend to show more concern about conservation and caring for the environment
109 (Boeve-de Pauw & Van Petegem, 2011; Bogner & Wiseman, 2006; Zelezny, Chua, &
110 Aldrich, 2000). Schmid & Bogner (2015) showed for an student-centered learning approach
111 that the sex gap in the pre-test, males knew more than females, can be closed through an
112 appropriate science intervention with learning stations.

113

114 *Knowledge Acquisition*

115 Effective knowledge acquisition does not necessarily depend on intervention duration, as
116 for example, even half-day and one-day interventions have shown sustained effectiveness
117 (Duerden & Witt, 2010; Fremerey & Bogner, 2014). These kind of interventions, regularly
118 show significant positive effects on knowledge increase. Although, educational programs
119 of different durations have been developed to produce long-lasting learning effects, one-
120 day educational modules have most frequently been implemented because of tight school
121 schedules. Nevertheless, half-week or week-long programs dealing with nature
122 conservation have yielded significant knowledge increases (e.g., Boeve-de Pauw & Van
123 Petegem, 2011; Coertjens et al., 2010). Bogner (1998) has demonstrated these effects to
124 last for as much as six months. For educational programs of such duration and in authentic

125 environments, high motivation scores have repeatedly been reported (e.g. Herrington &
126 Oliver, 2000; Randler & Bogner 2002).

127

128 *Three dimensions of environmental knowledge*

129 The classic objective of formal education is the acquisition of basic factual
130 knowledge. Additional knowledge dimensions may address real-life challenges when
131 intervening with individual attitudes or even behavior levels. Kaiser, Roczen, & Bogner
132 (2008) suggested that three dimensions of environmental knowledge are relevant to positive
133 conservation behavior: system-, action- and effectiveness-related knowledge. In detail, 1)
134 system-related knowledge consists of basic scientific knowledge, including knowledge
135 about ecosystems, interaction of organisms and reasons for environmental problems. 2)
136 Action-related knowledge describes knowledge about a pool of different options or possible
137 actions, and 3) effectiveness-related knowledge involves the understanding of
138 environmental inputs of different behaviors with their potential to protect the environment
139 (Frick et al., 2004; Kaiser et al., 2007, 2008). These knowledge dimensions are important
140 triggers for environmental education programs in practice with a focus on natural processes
141 within ecosystems and on human–nature interactions (system-related knowledge). The
142 decision on which option or action to choose may improve positive for nature conservation
143 issues when addressing environmental problems (action-related knowledge). Finally,
144 knowledge about the effectiveness of individual actions may help to decide about
145 individually environmental behavior (effectiveness-related knowledge) (Roczen, Kaiser,
146 Bogner, & Wilson, 2013). According to Kaiser et al. (2008) effectiveness-related
147 knowledge often is missing in environmental education approaches. As the model of Kaiser
148 et al. (2008) includes as well environmental competencies, like environmental attitudes or

149 behavior, and postulate that with improving the three dimensions of knowledge the
150 competencies will improve as well..

151

152 *Research Goals*

153 The present paper examines how a short-term learning program dealing with nature
154 conservation affects cognitive achievement. We had four objectives: to analyze (I) total
155 knowledge increases in a short-, medium- and long-term scale; (II) knowledge increase of
156 the three knowledge types (system, action-related and effectiveness knowledge) for all
157 testing points, (III) possible sex effects and (IV) whether a long-term learning through
158 hands-on activities is possible. We therefore monitored knowledge levels and acquisition
159 at four different testing points from two weeks before (T0) to six months after (T3) (see
160 Figure 1).

161

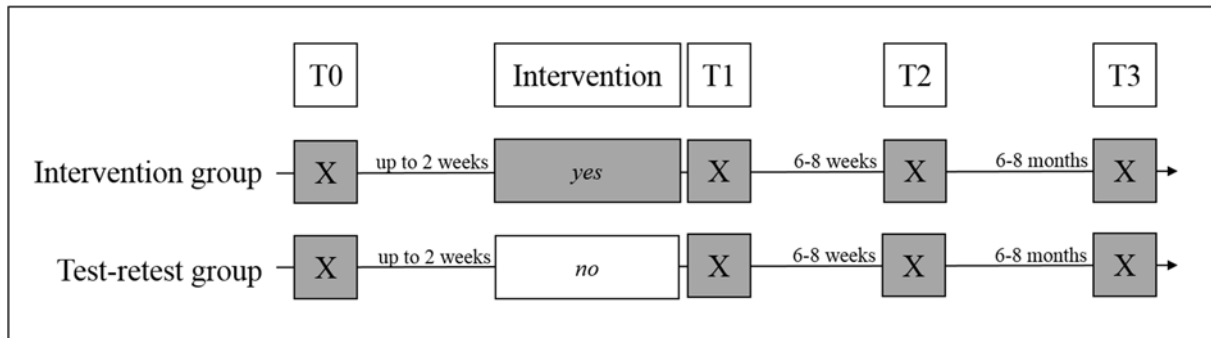
162 *Material & Methods*

163 *Sample, test-design & procedure*

164 In total, 11 classes from secondary schools (6th to 8th graders) in Bavaria participated. Our
165 total sample consisted of $N=301$, $n=261$ in the intervention group (45.6% male; 56.6%
166 female; average age= 12.35 $SD=0.85$) and $n=40$ (65% male; 35% female; average
167 age=12.86 $SD=1.08$) in the test-retest (control) group (Fig. 1).

168 A questionnaire covering cognitive knowledge of forest ecology and conservation
169 was applied four times, first in a pre-test (T0) two weeks before the intervention, second
170 immediately after the intervention in a post-test (T1), third, six weeks after intervention
171 (T2) and fourth, six months after (T3). The cognitive questionnaire dealt with lesson issues
172 of our intervention, based on 36 knowledge statements covering the three postulated
173 knowledge types: system-related knowledge (*Sys*), action-related knowledge (*Act*) and

174 effectiveness-related knowledge (*Eff*) (Kaiser et al., 2008). Each knowledge type consisted
 175 of 12 items with four multiple-choice answer options (correct (1) or incorrect (0)). The test-
 176 retest group completed the questionnaires at all four testing-points, exactly as the
 177 intervention group, to guarantee comparability.



178
 179 Fig. 1: Study design with time-frame of evaluation (T0, T1, T2, T3; N=301) for
 180 intervention group (n=261) and test-retest (control) group (n=40). Note: X: testing-
 181 schedules.

182

183 *Content of Education Module*

184 As the ecosystem forest is a central theme in the Bavarian syllabus (ISB, 2015), we
 185 developed educational modules about nature conservation in forests. We labelled the
 186 module ‘Our forest?! Nature and wildlife protection in a temperate forest ecosystem’ and
 187 implemented a student-centered method based-on workstations (Sturm & Bogner, 2008).
 188 Eight workstations (six obligatory and two optional) introduced selected ecosystem forest
 189 issues, nature conservation as well as concretizing individual footprints (Tab. 1). The six
 190 obligatory workstations were: ‘Aging of trees’, where students enumerate annual rings of
 191 a stem plate and learn about early wood and late wood. ‘Living in forest litter’, where
 192 students could search and count the number of animals they found in forest litter, garden
 193 mold and farmland and have to determine in which soil most animals live. ‘Pollution of
 194 forests’, where students have to arrange different litter, like glass bottles, plastic packaging
 195 or quick matches dependent on their degradation rate on a time bar. ‘Dead wood and its
 196 inhabitants’, where students learn about the important of lying and standing dead wood in

197 forests and which animals are dependent on it, like woodpecker or beetles. ‘There is air in
 198 the tree’, showing students which substance a tree needs and assimilates from its
 199 environment and how photosynthesis and wood synthesis function. And finally the
 200 ‘Ecological footprint’ workstation, where students cope with different questions about their
 201 environmental behavior and calculate their individual footprint, they are also given
 202 suggestions on how to minimize their ecological footprint. The two facultative workstations
 203 dealt with ‘Knowing local trees’ with puzzles of different tree species to learn the individual
 204 texture and color of the bark, and with ‘Bats – hunting during night’ where students learn
 205 the life cycle of forest-living bats. Overall, a time span of 90 minutes was required for
 206 completion with about 15 minutes for each station. At these learning stations students work
 207 in small groups of 3-4 students. To minimize the advisor variable, one single instructor
 208 supervised and instructed the module.

209 Tab. 1: Overview of all learning stations of the intervention ‚Our forest?! Nature and
 210 wildlife protection in a temperate forest ecosystem‘.

211

Workstations

obligatory

- 1 Aging of trees – annual rings
 - 2 Living in forest litter
 - 3 Pollution of forests
 - 4 Dead wood and its inhabitants
 - 5 There is air in the tree
 - 6 Ecological footprints
-

facultative

- 7 Knowing local trees
 - 8 Bats – hunting during night
-

212

213 *Statistic*

214 To analyze the quality of our knowledge scale, we applied the simple Rasch-model for
 215 dichotomous items. This probabilistic model describes the probability of a correct answer
 216 to an item as a function of person ability and item difficulty (Bond & Fox, 2007). All

217 calibrations of the Rasch model were assessed by means of the QUEST program (Adams
218 & Khoo, 1996). For statistical analyses, we used R version 3.1.2 (www.r-project.org, The
219 R Foundation for Statistical Computing, 2014). As a model for knowledge acquisition, we
220 fit a linear mixed effects model (LMM). Therefore, we used knowledge as command
221 variable and knowledge type and schedules (T0-T3) as effect factors, and school type,
222 student and sex as random factors. We used the function *lmer* (add-on package *lme4*, method
223 see (Bolker et al., 2009). And applied a multiple post-hoc comparison with adjusted p-
224 values using the function *glht* (add-on package *multcomp*, method see Hothorn, Bretz, &
225 Westfall (2008). Obtained p-values were adjusted for multiple testing according to
226 (Benjamini & Hochberg, 1995).

227

228 *Ethical statement*

229 All research processes have been approved by the responsible Ministry of Education. Each
230 participating schools was informed about the study and the research conducted, and
231 provided its consent. The same was true for all participants. Data privacy laws were
232 respected as our data was recorded pseudo-anonymously. Each participant provided an
233 identification number, based on sex, birth month and year, the first two letters of the
234 mother's name and house number. Any categorization of sex is based on the self-reported
235 sex according to the identifier number provided by the students in the questionnaire. None
236 of the students or parents had any objection to participation.

237

238 **Results**

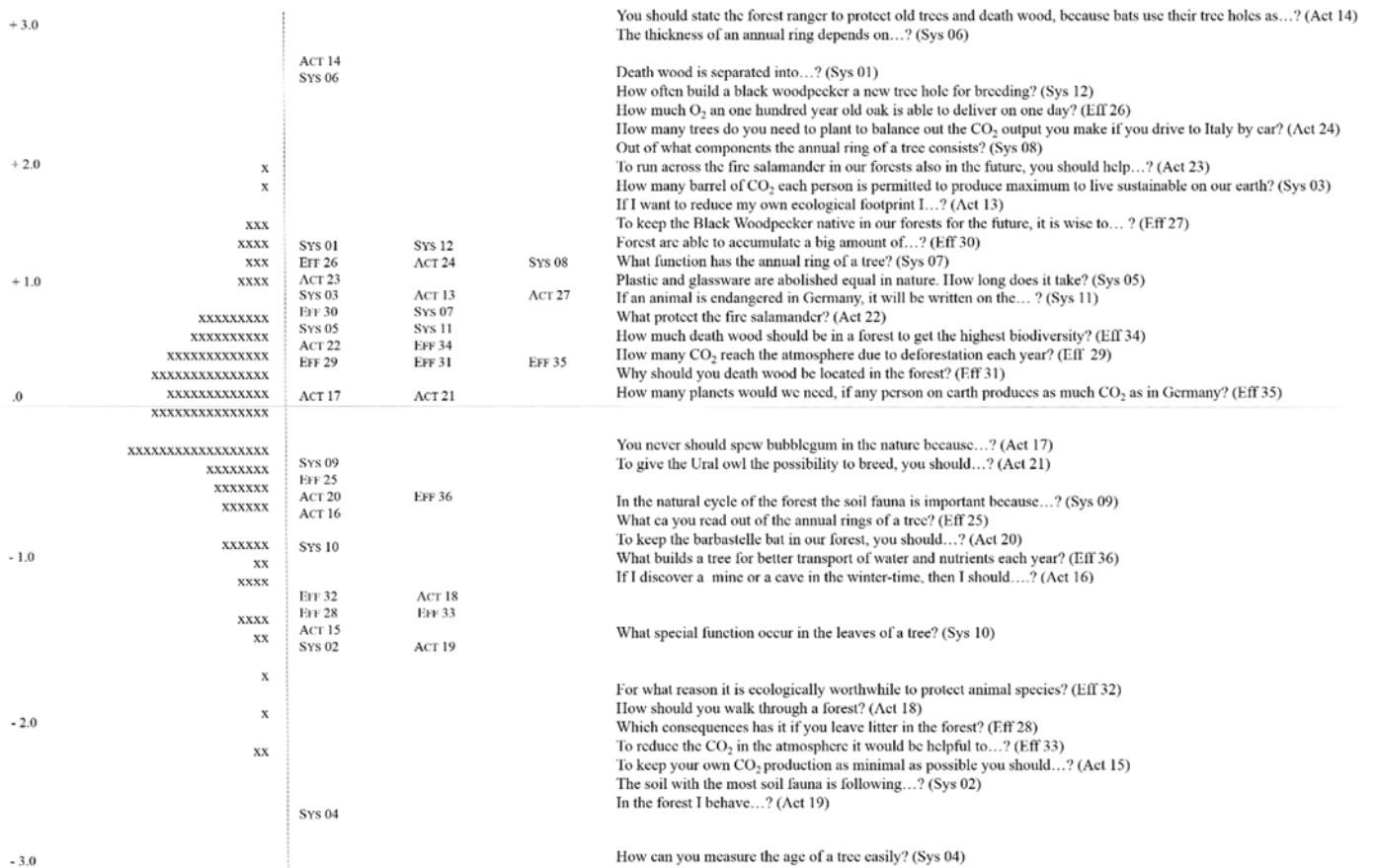
239 *Quality of the Instrument*

240 All responses were Rasch-analyzed by producing a Wright map (Item-Person map)
241 defining an individual person's performance indicated by an X shown as a function of item

242 difficulty (Bond & Fox, 2007). The logit scale (left side Figure 2) indicates the
243 measurement unit common to both the person performance and item difficulty. Items with
244 logit values above the threshold of .0 are assumed to be more difficult than items below;
245 correspondingly persons located in the upper half are assumed to be more able to answer
246 an item than persons in the lower half. Figure 2 displays the Wright map connecting each
247 individual item with a number. Most students yielded an ability estimate of .75 (T1, Table
248 3) logit. Additionally, persons with an ability estimate of .50 logit will have a higher chance
249 to correctly answer items located below a .50 logit threshold than those located above this
250 threshold. Our item selection is deemed sufficient, since in the pre-test 14 items score under
251 a .0 logit threshold and 22 items above (T0; Figure 2), whereas in the post-test most of the
252 students' ability estimate is above .0 logit threshold, whereas two more items are located
253 below the .0 difficulty threshold than above (T1). Fit statistics for person abilities and item
254 difficulties, shown in Table 2, are reported as mean squares in the form of chi-square
255 statistics divided by the degrees of freedom and normalized t distribution. The data match
256 the model as expected, values with mean squares for items and persons score about one and
257 standard deviation about zero (Table 2) (Bond & Fox, 2007). Fit statistics of t-values also
258 conform to the model with the observed data about zero and standard deviation about one
259 (Table 2).

260

261



262 Fig. 2: Wright map (Item-Person map) of the simple Rasch model analysis (post-test T0).
 263 The logit scale (left hand) indicates the measurement unit for the individual person
 264 performance (X) and the item difficulty (item code, right hand) (each X represents one
 265 student).

266

267 Tab. 2: Fit statistics for person abilities and item difficulties.

Post-test (T1)	Infit mean square	Outfit mean square	Infit <i>t</i> -statistic	Outfit <i>t</i> -statistic
Item fit (M)	.99	1.00	.07	.04
Item fit (SD)	.12	.22	1.86	1.72
Person fit (M)	1.00	1.00	.02	.03
Person fit (SD)	.18	.32	1.07	.89

Note: Abbreviations found in the fit statistics: Mean (M), Standard deviation (SD).

268

269

270

271

272

273 Tab. 3: Summary of case estimate for item difficulty and person abilities listed for all
 274 testing points.

Summary of estimates		T0	T1	T2	T3
Item difficulty	M	.00	.00	.00	.00
	SD	1.27	1.03	1.01	1.00
	SD adjusted	1.26	1.01	1.00	.98
	Reliability (α)	.99	.98	.98	.98
Person abilities	M	-.07	.39	.17	.25
	SD	.69	.79	.94	.91
	SD adjusted	.56	.69	.85	.81
	Reliability (α)	.67	.75	.82	.81

Note: Abbreviations found in the fit statistics: Mean (M), Standard deviation (SD).

275

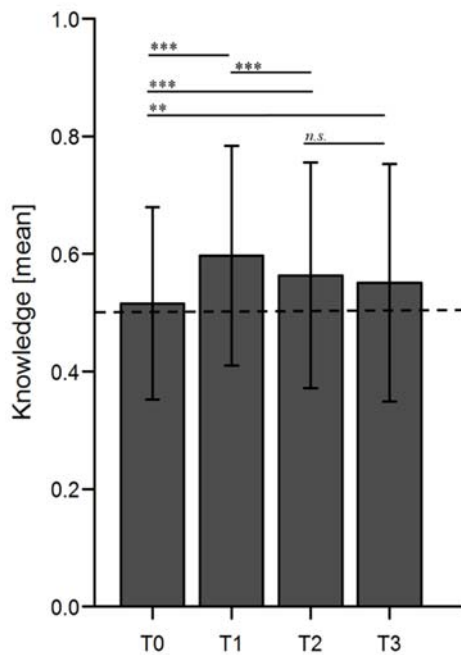
276 *Knowledge increase*

277 The correct answers of the knowledge items in the pre-test yielded a mean of 0.51 (\pm 0.11)
 278 which increased ($p < 0.001$) in the post-test to a mean of 0.60 (\pm 0.15). This shift was highly
 279 significant ($p < 0.001$) as it was the case for the medium- and long-term shift to ($p < 0.001$;
 280 T2 mean 0.56 ± 0.19 ; T3 mean 0.55 ± 0.20). The control group showed no difference for
 281 all four testing points ($p < 0.08$; T0 mean 0.39 ± 0.17 ; T1 mean 0.41 ± 0.10 ; T2 mean $0.44 \pm$
 282 0.09 and T3 mean 0.39 ± 0.15) (Table 4, Fig. 3).

283

284 Tab 4: Mean and standard deviation of knowledge level at all testing points for intervention
 285 and control group (N=301).

		<i>Knowledge</i>							
		<i>overall</i> (n=36)		<i>sys</i> (n=12)		<i>act</i> (n=12)		<i>eff</i> (n=12)	
		mean	SD \pm	mean	SD \pm	mean	SD \pm	mean	SD \pm
Intervention group (n=261)	T0	0.51	0.11	0.46	0.14	0.53	0.15	0.56	0.18
	T1	0.60	0.15	0.64	0.19	0.59	0.18	0.55	0.18
	T2	0.56	0.19	0.56	0.18	0.56	0.20	0.57	0.19
	T3	0.55	0.20	0.54	0.20	0.56	0.21	0.55	0.20
Control group (n=40)	T0	0.39	0.17						
	T1	0.41	0.10						
	T2	0.44	0.09						
	T3	0.39	0.15						



286

287 Fig. 3: Knowledge increase in the intervention group ($n=271$) and the control group ($n=40$)
 288 for all testing points (T0: pre-test two weeks before intervention, T1: post-test right after
 289 intervention, T2: retention-tests one (six weeks after) and T3 retention-test two (six months
 290 after); $N=301$) (Significance codes ‘***’ <0.0001 ‘**’ <0.001 ; Univariate p -values
 291 reported, linear mixed effect model (LMM)).

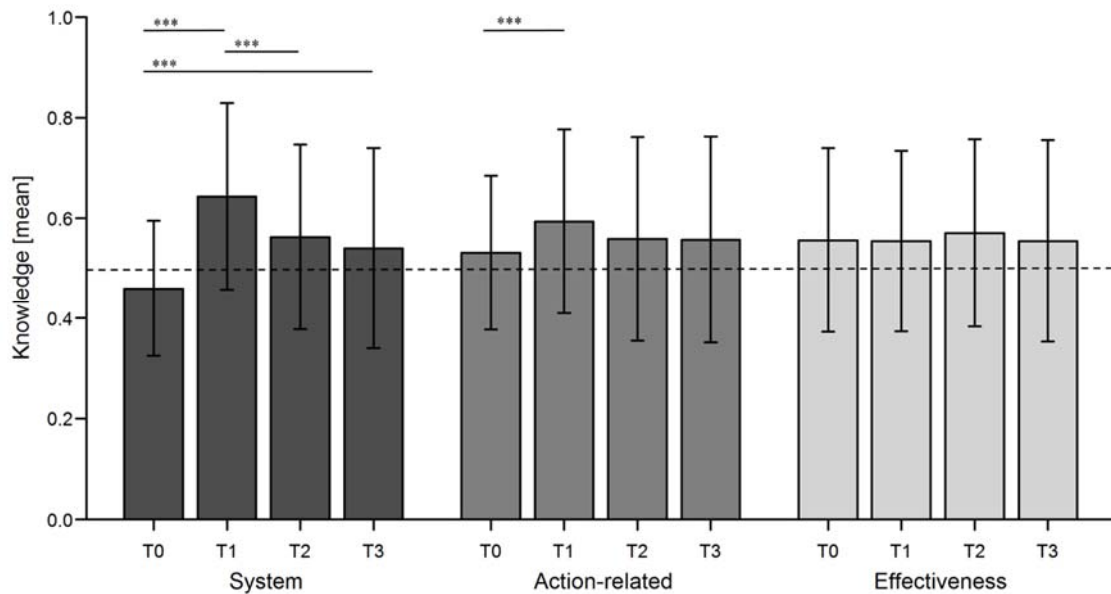
292

293 *Knowledge increase for three knowledge dimensions*

294 System-related knowledge increased significantly ($p<0.001$) from pre-test to post-test (T0-
 295 T1). In the medium-term system-related knowledge score decreased from post-test to
 296 retention-test one (T1-T2) with $p<0.001$. In long-term scale knowledge scores increased
 297 significantly from pre- to last retention-test (T0-T3) with $p<0.001$. System-related
 298 knowledge remained constant between both retention-tests (T2-T3) with $p=0.47$ (Fig. 3).
 299 Action-related knowledge increased highly significantly from pre- to post-test ($p<0.001$).
 300 For action-related knowledge from pre-test (T0) to retention test (T3) and between both

301 retention tests (T2-T3), no difference was found ($p>0.43$). For effectiveness-related
 302 knowledge overall no significant change was detected ($p>0.80$) (Fig. 4).

303



304

305 Fig. 4: Knowledge increase subdivided in the three knowledge dimensions: *sys* system-
 306 related knowledge, *act* action-related knowledge and *eff* effectiveness-related knowledge
 307 for all four testing schedules with T0: pre-test two weeks before intervention, T1: post-test
 308 right after intervention, T2: retention-tests one (six weeks after) and T3 retention-test two
 309 (six months after). $N=301$ (intervention group $n= 271$, control group $n=40$) significance
 310 codes are Bonferroni corrected: ‘***’ <0.0001 ‘**’ <0.001 ; Univariate p-values reported;
 311 linear mixed effects model (LMM).

312

313 *Sex effect on knowledge increase*

314 No significant sex difference in knowledge scores were observed in the pre-test ($p=.08$).
 315 For short-term knowledge, males scored significantly lower than females ($p<.001$), for
 316 medium- and long-term knowledge scores no difference remained ($p>.05$) (Tab. 3).

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327 Tab 5: Gender differences in all four testing schedules ($N=301$) within the intervention
 328 group ($n=261$) and the control group ($n=40$) (linear mixed effects model (LMM)).

<i>Sex difference in knowledge level</i>					
	male – female	Estimate	Std. error	z-value	p-value
Intervention ($N=261$)	T0	-0.02	0.02	-2.53	0.08 .
	T1	-0.04	0.02	-4.69	<0.001 ***
	T2	-0.08	0.02	-2.66	0.05 .
	T3	-0.05	0.02	-1.19	0.81
Control ($N=40$)	T0	-0.01	0.05	-0.12	1.00
	T1	0.02	0.06	0.40	1.00
	T2	0.00	0.05	-0.08	1.00
	T3	-0.01	0.05	-0.12	1.00

Significance codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1 (Univariate p values reported)

329

330 For all three knowledge dimensions, we found quite similar scores. In system- and
 331 effectiveness-related knowledge no sex difference was found in the pre-test ($p>1.00$), in
 332 action-related knowledge a significant sex difference was found with $p=0.04$. For post-test
 333 no sex differences in all knowledge dimensions were observed (T1 $p>0.08$). In medium
 334 knowledge (T2), females knew significantly more in action-related knowledge ($p<0.001$)
 335 and in effectiveness-related-knowledge ($p=0.01$) than males, for system-related knowledge
 336 sex difference was present ($p=0.56$). In the retention-test two (T3), females again had a
 337 higher knowledge in action-related knowledge than males ($p=0.01$) (Appendix Tab A).

338

339 *Discussion*

340 *Sustainable long-term knowledge through student-centered learning*

341 Our intervention generates typical learning patterns with a short-term peak and a
 342 subsequent long-term decrease of non-differentiated knowledge (Dieser & Bogner, 2015;
 343 Randler et al., 2007; Schmid & Bogner, 2015). Students tend to benefit from our program
 344 by increasing cognitive knowledge which remained stable even after a time span of six
 345 months. Studies of long-term knowledge increase are very rare in the literature, although
 346 Bogner (1998) had reported similar results after retesting knowledge levels half a year after

347 intervention. Schmid & Bogner (2015) recently demonstrated a significant and stable
348 knowledge increase for a time span of 12 weeks after an inquiry-based program
349 participation; the individual learning within inquiry-based lessons thus seems to
350 substantially contribute to a formation of long-term retention. Our learning-stations
351 included authentic material, which is known to have a positive effect on student's interest,
352 motivation and ability to think critically about local environmental issues (Poudel et al.,
353 2005). This relationship might have led to students' ability to recall their newly acquired
354 knowledge even after six months. Our cooperative learning environments also supported
355 cognitive achievements, which is in line with earlier studies (Lord, 2001). Furthermore,
356 individual hands-on activities are known to promote meaningful learning through a high
357 cognitive activity (Mayer, 2004), which might contribute to a sustainable long-term
358 knowledge level even after six months. In particular, student-oriented learning
359 environments at learning stations with authentic objects, as in our intervention, are known
360 to be effective with regard to knowledge acquisition: Sturm & Bogner (2008), reported
361 student-centered approaches to be shown to be more interesting, enjoyable, and valuable
362 than teacher-centered ones.

363 Although a testing point of six months after the intervention may produce logistic
364 difficulties, retention-tests are crucial as they point to significant long-term knowledge gain
365 in short-term interventions. At this point, we agree with Fančovičová & Prokop (2011),
366 who reported knowledge acquisition for such short durations independently of contents of
367 educational programs. It is probably due to our hands-on learning stations, which followed
368 a student-centered approach, that students achieve a significant long-term knowledge
369 increase. This is in line with other studies in the field of nature conservation initiatives
370 (Bogner, 1999; Randler et al., 2005).

371

372 *Knowledge increase for the three knowledge dimensions*

373 The wright-map of the Rasch-model showed system-related knowledge to be more difficult
374 in the pre-test, than action- and effectiveness-related knowledge. As we showed in Figure
375 4, effectiveness-related knowledge was the easiest to answer in the pre-test compared to
376 the other three knowledge dimensions: Our participants started with a lower system-related
377 knowledge level than they have in action-related and effectiveness-related knowledge
378 which yielded similar scores. This result is in contrast to the existing literature, as Kaiser
379 et al. (2008) had shown similar pre-knowledge levels in all three knowledge dimensions.
380 This discrepancy may come from our knowledge item selection: system-knowledge was
381 centered on the topic ‘forest conservation’, which may require knowledge too specific for
382 the pre-test. The action- and effectiveness-related questions were more general and
383 therefore may be easier to answer on the basis of a student’s pre-knowledge.

384 Although system-related knowledge had the lowest knowledge level in the pre-test,
385 students most effective learning was in system-related knowledge. We found two out of
386 three knowledge dimensions, namely system- and action-related knowledge, as responsible
387 for a significant shift (all $p < 0.001$) in the short-term perspective. System-related knowledge
388 was retained in both long-term tests, whereas action-related knowledges’ short-term
389 increase fell in both retention-tests almost to the action-related pre-knowledge level.
390 Unfortunately, effectiveness-related knowledge did not increase at all. All these results
391 point to the difficulty of interacting simultaneously with the three knowledge dimensions
392 (Fremerey & Bogner, 2014). Apparently, all dimensions are mutually dependent: system-
393 related knowledge includes factual and basic knowledge for action-related and
394 effectiveness-related knowledge and lead to a long-term learning effect of action-related
395 and effectiveness-related knowledge in the in the future (Kaiser et al., 2008a). This is
396 important, because our participants mainly learned system-related knowledge, which could

397 help to learn and integrate action-related and effectiveness-related knowledge in the future.
398 Therefore, the knowledge increase in system-related knowledge could lead to an
399 improvement of environmental competencies, like attitudes or behavior in the future, due
400 to the fact that these components are related to each other (Kaiser et al., 2008a; Roczen et
401 al., 2013). However, Frick et al. (2004) considered effectiveness-related knowledge highly
402 important, especially for nature conservation issues, as this knowledge is the most
403 supportive of nature-friendly behavior.

404 Although, we used a student-centered approach, including different learning
405 methods and authentic environments, which applies the basis for a deeper understanding of
406 especially effectiveness-related knowledge as it was the case in the study of Fremerey &
407 Bogner (2014), we could not achieve a knowledge increase within this special knowledge
408 dimension. However, Liefländer et al. (2015) reported results in line with ours when
409 describing a possible reason for limited increase and persistence of effectiveness-related
410 knowledge: One reason for parallelism in not increasing effectiveness-related knowledge
411 could lie directly in our participants' mean age (12.86 years). This might explain why
412 effectiveness-related knowledge is the most complicated type, as it means "knowing
413 specific environmental impact of different courses of action" (Kaiser et al., 2008:68), and
414 so might be too complex for younger students to understand. Support for that notion is
415 provided in the study of Fremerey & Bogner (2014) who showed the highest increase for
416 effectiveness-related knowledge and the lowest for system-related knowledge within a
417 study sample aging 15.4 years. Not only the educational program, but even more the age
418 group, seem to crucially influence learning success in all three knowledge dimensions. For
419 the age group, our study could give a tendency to the question of Fremerey & Bogner (2014)
420 who asked which variables might be crucial for different results in gaining effectiveness-

421 related knowledge. At which age exactly, is a limitation in understanding, learning and
422 remembering effectiveness-related knowledge still needs more research.

423

424 *Sex difference in knowledge acquisition*

425 Short-term knowledge increase in particular was shown to relate to sex: One important
426 factor may lie in the fact that the instructor of our program was female, as Dee (2006) has
427 reported strong evidence that girls' performance benefitted from being taught by female
428 teachers and boys by male teachers. However, other studies such as Winters, Haight,
429 Swaim, & Pickering (2013) and Neugebauer, Helbig & Landmann (2011) reported
430 teacher's sex with no effect on students' achievement. One further reason for girls achieving
431 higher knowledge levels in short-term knowledge could be that females and males have
432 different preferences in learning styles, as females prefer more the unimodal learning style
433 like kinaesthetic and read-and-write style, so that our intervention might be more suitable
434 for females (Wehrwein, Lujan, & Dicarolo, 2007).

435 At our workstations, mainly a kinaesthetic and read-and-write style was applied.
436 Students worked with workbooks and authentic material like wood, stuffed woodpeckers
437 or forest soil involving living spiders, ants or earthworms. Females learned better than
438 males in the short-term, while in the long-term our hands-on learning stations lead to equal
439 knowledge levels of both, females and males. This pattern is in line with Sturm & Bogner
440 (2008), who reported that implementing workstations in classrooms is such a fundamental
441 change from the conventional classroom environment that it may foster motivation and
442 awaken the interest of all students and, as a consequence, increase cognitive learning
443 outcomes, especially in the long-term.

444

445

446 *Conclusion*

447 Our findings point to the need for educational programs to include all knowledge
448 dimensions. Currently, it remains unclear why the three knowledge types were achieved
449 differently. However, we can earmark one important point why both effectiveness-related
450 and action-related knowledge are known to build on system-related knowledge, so that
451 gaining system-related knowledge through an intervention is a step in the right direction.
452 This is especially true, whenever raising awareness about nature conservation issues is a
453 major goal of an education module. A positive aspect of our environmental education
454 program is the stable level of knowledge even after six months (compared to pre-knowledge
455 level). This positive shift in individual system-related knowledge due to our educational
456 intervention is a very promising step towards next generations' awareness of conservation
457 topics and initiatives.

458

459 *Acknowledgements*

460 We are grateful to the field center 'Umweltstation Weismain' for assistance in cooperation
461 with schools and to all teachers and students for participation. Similarly, we thank the
462 Bavarian Ministry of Education ("Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus,
463 Wissenschaft und Kunst") for permitting the study (II.7-5 O 5106/92/7). Financial support
464 was granted by the Open Discovery Space Project (ODS) (European Union CIP PSP Grant
465 Agreement No. 297229) as well as by the University of Bayreuth.

466

467

468

469

470

471 *References*

- 472 Adams, R. J., & Khoo, S. K. (1996). Quest. Victoria, Australia: Australian Council for
473 Educational Research.
- 474 Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: a practical
475 and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society*.
476 <http://doi.org/10.2307/2346101>
- 477 Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2011). The Effect of Flemish Eco-Schools on
478 Student Environmental Knowledge, Attitudes, and Affect. *International Journal of*
479 *Science Education*, 33(11), 1513–1538.
480 <http://doi.org/10.1080/09500693.2010.540725>
- 481 Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-
482 term variables of environmental perspective. *The Journal of Environmental*
483 *Education*, 29(4), 17–29.
- 484 Bogner, F. X. (1999). Empirical evaluation of an educational conservation. *International*
485 *Journal of Science Education*, 21(11), 1169–1185.
- 486 Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2006). Adolescents' attitudes towards nature and
487 environment: Quantifying the 2-MEV model. *Environmentalist*, 26(4), 247–254.
488 <http://doi.org/10.1007/s10669-006-8660-9>
- 489 Bolker, B. M., Brooks, M. E., Clark, C. J., Geange, S. W., Poulsen, J. R., Stevens, M. H.
490 H., & White, J. S. S. (2009). Generalized linear mixed models: a practical guide for
491 ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(3), 127–135.
492 <http://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- 493 Bond, T. G., & Fox, C. M. (2007). Applying the Rasch Model. Fundamental
494 measurement in the human sciences. New York, London: Taylor & Francis Group.
- 495 Boucher, Y., Arseneault, D., Sirois, L., & Blais, L. (2009). Logging pattern and landscape
496 changes over the last century at the boreal and deciduous forest transition in Eastern
497 Canada. *Landscape Ecology*, 24(2), 171–184. [http://doi.org/10.1007/s10980-008-](http://doi.org/10.1007/s10980-008-9294-8)
498 9294-8
- 499 Cakir, M. (2008). Constructivist Approaches to Learning in Science and Their
500 Implications for Science Pedagogy: A Literature Review. *International Journal of*
501 *Environmental & Science Education*, 3(4), 193–206.
- 502 Coertjens, L., Pauw, J. B., Maeyer, S. D. E., & Petegem, V. A. N. (2010). Do schools
503 make a difference in their students' environmental attitudes and awareness?
504 Evidence from PISA 2006. *International Journal of Science and Mathematics*
505 *Education*, 8(3), 497–522.

- 506 Dee, T. S. (2006). "The Why Chromosome. How a Teacher's Gender Affects Boys and
507 Girls." *Education Next*, 6(4), 69–75.
- 508 Díaz, S., Fargione, J., Chapin, F. S., & Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens
509 human well-being. *PLoS Biology*, 4(8), 1300–1305.
510 <http://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040277>
- 511 Dieser, O., & Bogner, F. X. (2015). How does hands-on outdoor learning influence
512 children's environmental perception. *Journal of Environmental Education*,
513 Submitted.
- 514 Duerden, M. D., & Witt, P. A. (2010). The impact of direct and indirect experiences on
515 the development of environmental knowledge, attitudes, and behavior. *Journal of*
516 *Environmental Psychology*, 30(4), 379–392.
517 <http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.03.007>
- 518 Fančovičová, J., & Prokop, P. (2011). Plants have a chance: outdoor educational
519 programmes alter students' knowledge and attitudes towards plants. *Environmental*
520 *Education Research*, 17(4), 537–551.
521 <http://doi.org/10.1080/13504622.2010.545874>
- 522 Felder, R. M., Baker-Ward, L., Dietz, E. J., & Mohr, P. H. (1992). A Longitudinal Study
523 of Engineering Student Performance and Retention. Proceedings. Twenty-Second
524 Annual Conference Frontiers in Education, (October).
525 <http://doi.org/10.1109/FIE.1992.683370>
- 526 Foley, J. a, Defries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Snyder, P.
527 K. (2005). Global consequences of land use. *Science* (New York), 309(5734), 570–
528 574. <http://doi.org/10.1126/science.1111772>
- 529 Fremerey, C., & Bogner, F. (2014). Learning about Drinking Water: How Important are
530 the Three Dimensions of Knowledge that Can Change Individual Behavior?
531 *Education Sciences*, 4(4), 213–228. <http://doi.org/10.3390/educsci4040213>
- 532 Frick, J., Kaiser, F. G., & Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation
533 behavior: exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality*
534 *and Individual Differences*, 37(8), 1597–1613.
535 <http://doi.org/10.1016/j.paid.2004.02.015>
- 536 Herrington, J., & Oliver, R. (2000). An instructional design framework for authentic
537 learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 48(3),
538 23–48. <http://doi.org/10.1007/BF02319856>
- 539 Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous inference in general
540 parametric models. *Biometrical Journal*, 50(3), 346–363.

- 541 ISB (2015). Syllabus 6th grade (German Realschule RS). München. Retrieved from
 542 <https://www.isb.bayern.de/realschule/lehrplan/realschule-r6/fach-->
 543 [jahrgangsstufenlehrplan-ebene-3/biologie/6-jahrgangsstufe/98/](https://www.isb.bayern.de/realschule/lehrplan/realschule-r6/fach--jahrgangsstufenlehrplan-ebene-3/biologie/6-jahrgangsstufe/98/)
- 544 Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Making Cooperative Learning Work. *Theory*
 545 *into Practice*, 38(2), 67–73. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1477225>
- 546 Kaiser, F. G., Oerke, B., & Bogner, F. X. (2007). Behavior-based environmental attitude:
 547 Development of an instrument for adolescents. *Journal of Environmental*
 548 *Psychology*, 27(3), 242–251. <http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.06.004>
- 549 Kaiser, F. G., Roczen, N., & Bogner, F. X. (2008). Competence Formation in
 550 Environmental Education : Advancing Ecology-Specific Rather Than General
 551 Abilities. *Science Education*, 12(2), 56–70.
- 552 Leeming, F. C., Dwyer, W. O., Porter, B. E., & Cobern, M. K. (1993). Outcome Research
 553 in Environmental Education: A Critical Review. *The Journal of Environmental*
 554 *Education*, 24(4), 8–21. <http://doi.org/10.1080/00958964.1993.9943504>
- 555 Liefländer, A. K., Bogner, F. X., Kibbe, A., & Kaiser, F. G. (2015). Evaluating
 556 Environmental Knowledge Dimension Convergence to Assess Educational
 557 Programme Effectiveness. *International Journal of Science Education*, (February),
 558 1–19. <http://doi.org/10.1080/09500693.2015.1010628>
- 559 Lord, T. R. (2001). 101 Reasons for Using Cooperative Learning in Biology Teaching.
 560 *The American Biology Teacher*, 63(1), 30–38. [http://doi.org/10.1662/0002-](http://doi.org/10.1662/0002-7685(2001)063[0030:RFUCLI]2.0.CO;2)
 561 [7685\(2001\)063\[0030:RFUCLI\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1662/0002-7685(2001)063[0030:RFUCLI]2.0.CO;2)
- 562 Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-shrikes rule against pure discovery learning?
 563 *American Psychologist*, 59(1), 14–19.
- 564 Neugebauer, M., Helbig, M., & Landmann, A. (2011). Unmasking the myth of the same-
 565 sex teacher advantage. *European Sociological Review*, 27(5), 669–689.
 566 <http://doi.org/10.1093/esr/jcq038>
- 567 Poudel, D. D., Vincent, L. M., Anzalone, C., Huner, J., Wollard, D., Clement, T.,
 568 Blakewood, G. (2005). Hands-On Activities and Challenge Tests in Agricultural
 569 and Environmental Education. *The Journal of Environmental Education*, 36(4), 10–
 570 22. <http://doi.org/10.3200/JOEE.36.4.10-22>
- 571 Randler, C., Baumgärtner, S., Eisele, H., & Kienzle, W. (2007). Learning at Workstations
 572 in the Zoo: A Controlled Evaluation of Cognitive and Affective Outcomes. *Visitor*
 573 *Studies*. <http://doi.org/10.1080/10645570701585343>
- 574 Randler, C., Ilg, A., & Kern, J. (2005). Cognitive and Emotional Evaluation of an
 575 Amphibian Conservation Program for Elementary School. *Reports and Research*,
 576 37(1), 43–53.

- 577 Roczen, N., Kaiser, F. G., Bogner, F. X., & Wilson, M. (2013). A Competence Model for
578 Environmental Education. *Environment and Behavior*, 46(8), 972–992.
579 <http://doi.org/10.1177/0013916513492416>
- 580 Schmid, S., & Bogner, F. X. (2015). Effects of Students ' Effort Scores in a Structured
581 Inquiry Unit on Long-Term Recall Abilities of Content Knowledge. *Education
582 Research International*, Volume 2015, Article ID 826734, 11 pages.
583 <http://dx.doi.org/10.1155/2015/826734>, 11.
- 584 Sellmann, D., & Bogner, F. X. (2012). Climate change education: quantitatively assessing
585 the impact of a botanical garden as an informal learning environment. *Environment
586 and Behavior*, 19(4), 415–429.
- 587 Settlage, J. (2000). Understanding the Learning Cycle: Influences on Abilities to Embrace
588 the Approach by Preservice Elementary School Teachers. *Science Education*, 84(1),
589 43–50. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<43::AID-
SCE4>3.0.CO;2-F](http://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<43::AID-
590 SCE4>3.0.CO;2-F)
- 591 Sturm, H., & Bogner, F. X. (2008). Student-oriented versus Teacher-centred: The effect
592 of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and
593 motivation. *International Journal of Science Education*, 30(7), 941–959.
594 <http://doi.org/10.1080/09500690701313995>
- 595 Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, a J., Schulze, E. D., Rebmann, C., Moors, E. J., ...
596 Clement, R. (2000). Respiration as the main determinant of carbon balance in
597 European forests. *Nature*, 404(6780), 861–865. <http://doi.org/10.1038/35009084>
- 598 Wehrwein, E. a, Lujan, H. L., & Dicarlo, S. E. (2007). Gender differences in learning
599 style preferences among undergraduate physiology students. *Advances in
600 Physiology Education*, 31, 153–157. <http://doi.org/10.1152/advan.00060.2006>.
- 601 Winters, M. A., Haight, R. C., Swaim, T. T., & Pickering, K. A. (2013). The effect of
602 same-gender teacher assignment on student achievement in the elementary and
603 secondary grades: Evidence from panel data. *Economics of Education Review*, 34,
604 69–75. <http://doi.org/10.1016/j.econedurev.2013.01.007>
- 605 Zelezny, L. C., Chua, P.-P., & Aldrich, C. (2000). New ways of thinking about
606 environmentalism: Elaborating on gender differences in environmentalism. *Journal
607 of Social Issues*, 56(3), 443–457. <http://doi.org/10.1111/0022-4537.00177>
- 608
- 609
- 610
- 611
- 612

613 *Appendix*

614 Appendix Tab. A: Gender differences at all four testing points ($n=271$) within the
 615 intervention group. Subdivided in the three knowledge dimensions: *sys* system-related
 616 knowledge, *act* action-related knowledge and *eff* effectiveness knowledge (linear mixed
 617 effects model (LMM)).

<i>Sex difference in between knowledge dimensions</i>					
	male - female	Estimate	Std. error	z-value	p-value
T0	<i>Sys</i>	0.01	0.02	0.52	1.00
	<i>Act</i>	-0.06	0.02	-2.94	0.04 *
	<i>Eff</i>	-0.01	0.02	-0.41	1.00
T1	<i>Sys</i>	-0.06	0.02	-2.67	0.08
	<i>Act</i>	-0.04	0.02	-1.85	0.47
	<i>Eff</i>	-0.02	0.02	-0.96	0.98
T2	<i>Sys</i>	-0.04	0.02	-1.74	0.56
	<i>Act</i>	-0.11	0.02	-4.99	<0.001 ***
	<i>Eff</i>	-0.08	0.02	-3.48	0.01 *
T3	<i>Sys</i>	-0.04	0.02	-1.74	0.56
	<i>Act</i>	-0.07	0.02	-3.32	0.01 *
	<i>Eff</i>	-0.02	0.02	-1.07	0.97

Bonferroni corrected signif. codes: 0 '***' 0.0001 '**' 0.001 '*' 0.01 '.' 0.05 '.' 0.1
 (Univariate p values reported)

618

5.5 Teilarbeit C

Thorn, C. J. & Bogner, F. X. (2015)

How individual environmental preferences and sex predict cognitive knowledge acquisition in nature conservation

Education Sciences

submitted (Jan 2016)

619 **How individual environmental preferences and sex predict cognitive knowledge**
620 **acquisition in nature conservation**

621

622 **Christine J. Arnold.** Department of Biology Education, University of Bayreuth,
623 Universitätsstraße 30, NW II, 95447 Bayreuth, Germany. [Christine.Arnold@uni-](mailto:Christine.Arnold@uni-bayreuth.de)
624 [bayreuth.de](http://uni-bayreuth.de)

625

626 **Franz X. Bogner.** Department of Biology Education, University of Bayreuth,
627 Universitätsstraße 30, NW II, 95447 Bayreuth, Germany. Franz.Bogner@uni-bayreuth.de

628

629 *Abstract*

630 One major environmental educational goal besides promoting cognitive knowledge focuses
631 on improvement of positive environmental attitudes. Conservational education programs
632 are supposed to foster both. Especially when knowledge follows the environmental
633 competency model incorporating system-, action- and effectiveness-related knowledge. In
634 our student-centred “Forest Conservation” program 261 6th to 8th graders participated. They
635 were monitored four times: two weeks before, immediately after, six weeks and
636 additionally six months after program participation. With linear mixed effects models we
637 analysed relationships between cognitive knowledge and environmental values
638 (preservation, utilization). High preservation scores correlate with knowledge in all
639 knowledge dimensions, which remains stable for all testing points. High utilization scores
640 correlate mostly negatively with all knowledge dimensions. Only in short-term perspective
641 (in the immediate post-test) high scorer in utilization added knowledge. Besides females
642 learned more than males in short-term perspective, thus, here, sex provides a higher effect
643 than individual environmental preferences. Educators are advised to be aware of existing

644 values and to adjust teaching strategies to address nature conservers as well as nature
645 utilizer equally.

646

647 **Keywords:**

648 System-related knowledge, action-related knowledge, effectiveness-related knowledge,
649 Preservation and Utilization, student-centered learning, workstations

650

651 **Introduction**

652 Destruction of habitats, introduction of invasive species, increasing worldwide pollution
653 and over-exploitation by human activities as well as population densities are frequent
654 reasons for nature degradation with consequences for nature and mankind [1]. In our times,
655 acquisition of natural resources for immediate human needs often takes place at the expense
656 of degrading environmental conditions, especially with regard to forests [2]. Forests are a
657 frequent target for exploitation as they provide many important resources for mankind such
658 as timber, fuelwood or food [3]. Furthermore, as many European forest ecosystems act as
659 a carbon sink [4], their disturbance produces a negative impact on climate change. Due to
660 a still exponentially growing world population with its increasing intensive land use, forest
661 ecosystems are very susceptible to depletion by human utilisation [2]. The awareness of
662 young people to take responsibility for the environment is essential but cannot be taken for
663 granted. To optimally intervene in this social conflict, it is necessary to examine and
664 understand the underlying environmental preferences and their relation to knowledge to
665 select appropriate educational modules.

666 As in any educational issue, a common umbrella for appropriate initiatives
667 increasingly follows more or less student-centred approaches. A variety of educational
668 programs with nature conservation topics such as bird conservation [5] or amphibians

669 protection [6] are shown to be effective when following this approach. This effective
670 knowledge acquisition is in depend on the duration of the intervention, as for example,
671 positive cognitive learning effects of one-day educational interventions as well as for longer
672 interventions can be detected [7–9]. Out of many options student-centered learning can be
673 realized with hands-on learning approaches based on individual learner stations: those are
674 regarded as a suitable approach to foster interest, motivation and critical thinking ability
675 about the local environment [10]. Additionally hands-on learning at individual workstation
676 are shown to be effective for cognitive knowledge acquisition in short- and long-term for
677 student-centered approaches [9].

678 Regarding environmental knowledge an empirical model of interrelated knowledge-
679 types (system-, action- & effectiveness-related knowledge) with environmental attitudes
680 and behaviour is described as an important approach achieving individual environmental
681 performance levels [11]. This model showed how intervention studies may successfully
682 affect cognitive learning, behaviour and attitudes. All components are based on confirmed
683 empirical instruments. For instance, attitude sets, whether positive or negative towards
684 nature and environment, were measured with the bi-dimensional 2-Major Environmental
685 scale (2-MEV): Preservation and Utilization including sets of primary factors based on
686 single item statements [12] (and all references within). This 2-MEV scale has repeatedly
687 been independently confirmed [13–17], providing a reliable base to obtain empirical
688 evidence. Based on a 20-item instrument, the two-dimensional higher order factor model
689 provides the potential to determine preferences in Preservation as well as Utilization [12].
690 High scores in Preservation signal a positive conservational preference, high scores in
691 Utilization reflect utilizing and/or exploiting preferences. “People who have strong
692 Preservation attitudes [...] do not necessarily have weak Utilization attitudes” [15], p. 87).
693 In that bi-dimensionality lies one major advantage of the model. Hence, individual conflicts

694 between protection versus exploitation of nature do not exist [12]. Educational programs
695 have been shown capable of improving both attitude sets, with increasing *preservation*
696 scores and decreasing *utilization* scores or that either *utilization* or *preservation* scores
697 increased [15,16]. In general, long residential interventions are more likely to achieve a
698 shift in environmental values [14,16,18]. However, this condition is not binding as no
699 change of *Preservation* and *Utilization* scores for a week-long program despite positive
700 correlations with knowledge acquisition is possible [19]. One-day environmental education
701 programs are not expected to affect green attitudes, while regularly positive effects on
702 knowledge increase are shown which presents an essential indicator for educational
703 success. Schools with tight schedules may prefer one-day educational modules as they
704 match the school curriculum better.

705 The aim of our present paper was to examine the relation of environmental
706 preferences as well as sex on pre-knowledge and knowledge acquisition especially in a
707 long-term perspective (after six months). Therefore, our objectives were four-fold: to
708 analyse (I) individual background preferences in Preservation and Utilisation and (II) sex
709 differences in relation to (III) pre- knowledge and (IV) cognitive learning effect (overall
710 knowledge and all three knowledge dimensions subdivided into system, action-related and
711 effectiveness-related knowlegde) in the short-, medium- and long-term. Therefore, we
712 investigated individual environmental preferences, self-reported sex and knowledge level,
713 latter at four testing points: Pre-knowledge (two weeks before), post-knowledge (right after
714 the intervention), retention knowledge one (six weeks after), and retention knowledge two
715 (six months after).

716

717

718

719 Methods**720 2.1 Sample & Procedure**

721 Students from 6th to 8th grade out of eleven school classes ($N=261$; 45.6% male; 56.6%
722 female; average age= 12.86 $SD=1.081$) participated in our educational program. A quasi-
723 experimental-design with pre-post-retention-retention-test schedules was applied. A paper-
724 and-pencil-questionnaire covering cognitive knowledge of forest ecology and conservation
725 was implemented, first in a pre-test (T0) two weeks before the intervention, second,
726 immediately after the intervention in a post-test (T1), third, after six weeks (T2) and fourth,
727 after six months (T3). The questionnaire measured cognitive knowledge supposed to be
728 learned during our intervention. It was based on 36 knowledge statements covering all three
729 knowledge types: system-related knowledge (*sys*), action-related knowledge (*act*) and
730 effectiveness-related knowledge (*eff*) [11,20]. Each knowledge type consisted of 12
731 questions with four possible multiple choice answers, each binomial: correct (1) or
732 incorrect (0) (for knowledge items used see [8]). The green attitude sets were analyzed on
733 the basis of the current modified 2-Major Environmental Value scale [21] following a
734 Likert scale response pattern (“strongly agree” 5, “undecided” 3, “strongly disagree” 1)
735 administered once in the pre-test.

736 2.2 Environmental Education Program (Intervention)

737 Our program “Our forest?! Nature and wildlife conservation in temperate forests” was
738 based on guided learning at workstations [9,22] and followed the Bavarian school
739 curriculum. To minimize the advisor variable, one single female instructor accompanied
740 the program. We followed a highly student-centered approach based on the units at
741 workstations [9,10]. Eight workstations (six obligatory and two optional) dealing with, for
742 example, forests biodiversity, nature conservation or ecological footprint. All workstations
743 included hands-on activities and authentic material. The program was completed within a

744 three-lesson timeframe by working in groups of 3-4 students. For each working-station 20
745 minutes were available for completion.

746

747 *2.3 Data analysis*

748 All analyses were performed using R version 3.1.2 (The R Foundation for Statistical
749 Computing, 2014). We selected the mean knowledge per student (obtained from the 36
750 knowledge items) as the target variable. Mean knowledge was modelled in a linear mixed
751 effects model (LMM) by means of the function *lmer* in the R package *lme4* [23]. We
752 included all four schedules (T0, T1, T2 or T3), mean values of preservation and utilization,
753 sex and knowledge type as fixed factors and school and pupil identity as random effects to
754 account for repeated measurements or possible differences among schools.

755 Knowledge increases between schedules were again modelled as LMM by means
756 of function *lmer*. Here, we selected the mean knowledge per student at T1, T2, T3 and T4
757 as target variable, mean values of preservation, utilization and sex as fixed factors and
758 school and pupil identity as random factors. We selected the mean knowledge per student
759 at T0, T1, T2 and T3 as a baseline by using an offset term to test knowledge increase
760 directly. Obtained p-values were adjusted for multiple testing [24].

761

762 **Results**

763 *3.1 Major Environmental Values*

764 Students' mean score on Preservation was 3.69 (*SD* 0.70; min=1; max=5) and the mean
765 Utilization was 2.54 (*SD* 0.61; min=1; max=5) (Fig. 1). For both environmental values no
766 sex effect appeared (PRE $p=0.74$; UTIL $p=0.77$). Cronbach's alpha for Preservation was
767 0.76 and for Utilization 0.63, no correlation between both factors existed ($p=0.33$, $r=0.06$).

768

769 3.2 Overall knowledge acquisition

770 The pre-test (T0) knowledge score was in mean 0.51 (*SD* 0.11) questions correct. Post-test
 771 knowledge was significantly higher (T1 mean 0.60 *SD* 0.15, $p < 0.001$). In the medium- and
 772 long-term knowledge decreased significantly related to post-knowledge and remained at a
 773 stable level significant higher than at T0 (all $p < 0.00$; T2 mean=0.56 *SD* 0.19; T3 mean=0.55
 774 *SD* 0.20) (for sum scores of overall knowledge and knowledge dimensions see Table 1).

775

776 Table 1: Sum scores of correct knowledge questions overall and subdivided in knowledge
 777 dimensions (*sys*: system-related knowledge, *act*: action-related knowledge, *eff*:
 778 effectiveness-related knowledge).

		Knowledge			
		T0	T1	T2	T3
overall (36)	sum score	18.49	21.61	20.29	19.82
	<i>SD</i> ±	4.13	5.33	6.90	7.27
	min	6	7	1	4
	max	28	30	30	33
<i>sys</i> (12)	sum score	5.52	7.72	6.74	6.48
	<i>SD</i> ±	1.63	2.23	2.21	2.40
	min	1	2	0	1
	max	9	11	12	11
<i>act</i> (12)	sum score	6.37	7.12	6.70	6.68
	<i>SD</i> ±	1.85	2.20	2.45	2.46
	min	1	1	0	1
	max	11	11	11	11
<i>eff</i> (12)	sum score	6.68	6.65	6.84	6.65
	<i>SD</i> ±	2.20	2.16	2.24	2.41
	min	0	0	0	0
	max	11	12	11	12

779

780 3.3 Correlation between overall knowledge and environmental values

781 All four testing points (T0, T1, T2 and T3) revealed a positive relation, students' high
 782 overall knowledge correlated positively to higher Preservation scores ($p < 0.001$; z -
 783 $value > 4.41$). For Utilization a significant negative relation was found for T0 ($p < 0.001$, z -

784 $value=-3.55$), none for T1 ($p=0.28$, $z-value=-1.09$) and again significantly negative ones
 785 for T2 ($p=0.02$, $z-value=-2.41$) and T3 ($p=0.00$, $z-value=-2.85$) (Table 2).

786

787 Tab. 2: Dependence between overall knowledge and environmental values (2-MEV),
 788 separated in Preservation and Utilization for each testing point (linear mixed effects model
 789 (LMM)).

		<i>Overall knowledge</i>				
		<i>Estimate</i>	<i>SD</i>	<i>z-value</i>	<i>p-value</i>	
<i>Preservation</i>	T0	0.04	0.01	4.41	<0.001	***
	T1	0.06	0.01	6.65	<0.001	***
	T2	0.05	0.01	5.71	<0.001	***
	T3	0.05	0.01	5.19	<0.001	***
<i>Utilization</i>	T0	-0.05	0.01	-3.55	<0.001	***
	T1	-0.01	0.01	-1.09	0.28	
	T2	-0.03	0.01	-2.41	0.02	*
	T3	-0.04	0.01	-2.85	0.00	**

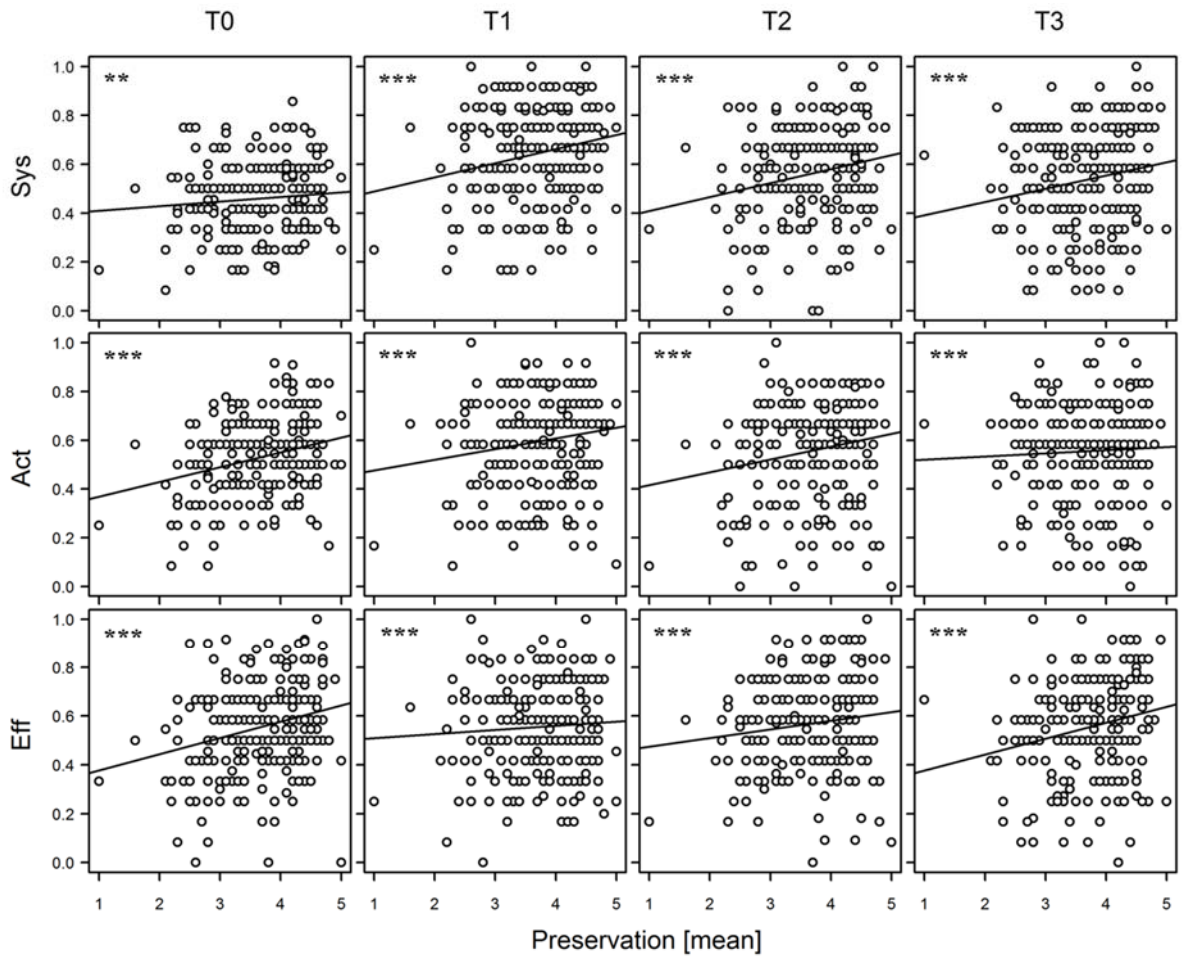
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 (Univariate p values reported)

790

791 3.4 Correlation between knowledge dimensions and environmental values

792 The highly significant positive relation between a high Preservation score and all three
 793 knowledge dimensions remained constant for all testing points (all $p<0.001$, $z-value>4.80$;
 794 except T0 Sys $p=0.01$, $z-value=2.67$) (Fig. 1). In contrast, significant negative relations
 795 between knowledge and Utilization score fluctuated. In detail: for T0 we found negative
 796 relations between Utilization and all three knowledge types (Sys $p=0.00$, $z-value=-4.90$; Act
 797 $p<0.001$, $z-value=-2.99$; Eff $p=0.01$, $z-value=-2.46$). After intervention this relationship not
 798 existed for Sys ($p=0.27$, $z-value=-1.11$; Act $p=0.81$, $z-value=0.24$), only Eff still showing a
 799 negative relation ($p=0.02$, $z-value=-2.32$). For medium- and long-term knowledge an
 800 increasing negative relation from T2 $p<0.02$ ($z-value<-2.27$) to T3 $p<0.01$ ($z-value<-2.64$)
 801 for all three knowledge types was found (Fig. 2).

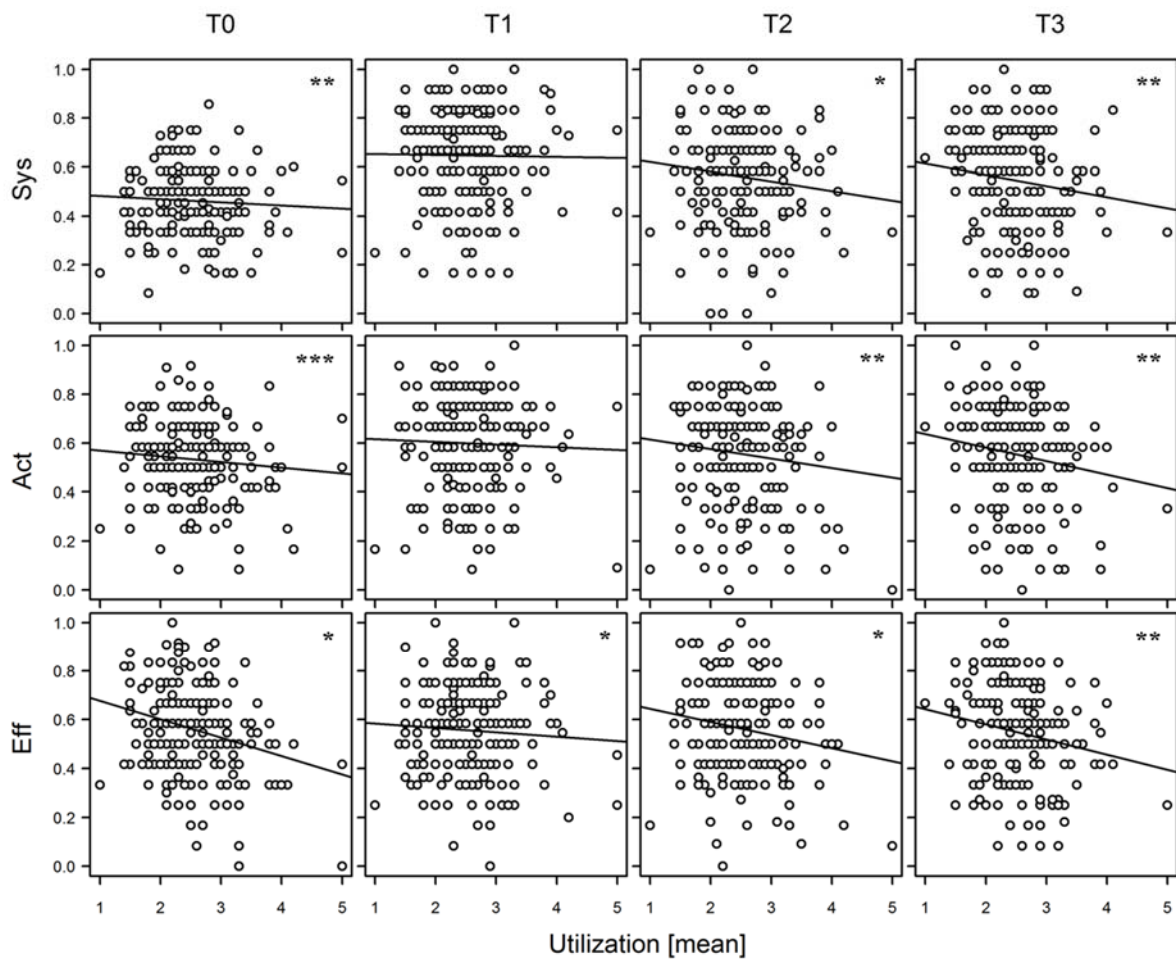
802



803

804 Fig. 1: Correlation between knowledge types (*sys* system-related knowledge, *act* action-
 805 related knowledge and *eff* effectiveness-related knowledge) and Preservation (MEV).
 806 Knowledge in all dimensions was significantly positively related to Preservation (all
 807 $p < 0.01$, $z\text{-value} > 2.67$) for all four testing schedules (linear mixed effects model (LMM),
 808 for more details see Appendix A).

809



810

811 Fig. 2: Correlation between knowledge types (*sys* system-related knowledge, *act* action-
 812 related knowledge and *eff* effectiveness-related knowledge) and Utilization (MEV).
 813 Knowledge in all dimensions was significantly negatively related to Utilization for nearly
 814 all testing schedules T0, T1, T2 and T3 (all $p < 0.02$, $z\text{-value} < -2.27$; no relation in T1 *Sys*
 815 $p = 0.27$, $z\text{-value} = 0.24$ and T1 *Act* $p = 0.81$, $z\text{-value} = -1.11$) (linear mixed effects model
 816 (LMM), for more details see Appendix B).

817

818 3.5 Effect of environmental values and sex on knowledge acquisition

819 Short-term overall knowledge increased from pre- to post-test (T0-T1), independently of
 820 Preservation ($p = 1.00$, $z\text{-value} = 0.09$) or Utilization ($p = 0.31$, $z\text{-value} = 1.77$). From post-test
 821 to retention-test one (T1-T2), the overall knowledge decrease was highly significantly
 822 related to Utilization with $p < 0.001$ ($z\text{-value} = -3.58$). For medium and long-term knowledge
 823 increase no relation between overall knowledge and Preservation ($p = 1.00$, $z\text{-value} < -1.24$)
 824 or Utilization ($p > 0.86$, $z\text{-value} < -0.99$) was found (Table 3).

825 At the level of the three knowledge dimensions in the short-term, the correlation
 826 between *Sys* and Preservation increased ($p=0.03$), for Utilization no correlation existed
 827 ($p=1.00$). For *Act* no relation (Pre $p=1.00$ and Util $p=1.00$) was found. For *Eff* we found no
 828 significant correlation either, but a highly positive tendency of Utilization with an influence
 829 of $z\text{-value}=2.3$ ($p=0.08$). From post- to retention-test one (T1-T2) a decrease of knowledge
 830 was detected for *Sys* ($p=0.25$, $z\text{-value}=-1.86$), *Act* ($p=0.18$, $z\text{-value}=-2.01$) and *Eff* ($p=0.13$,
 831 $z\text{-value}=-2.15$) depending on a high Utilization score. For medium knowledge acquisition
 832 (T0-T2) knowledge achievement was positively correlated with Preservation for *Sys*
 833 ($p=0.14$, $z\text{-value}=2.10$) and significantly negative for *Eff* ($p=0.04$, $z\text{-value}=-2.56$). For long-
 834 term knowledge acquisition (T0-T3) only *Act* and Preservation correlated ($p=0.05$) (Table
 835 4).

836 The knowledge increase in the short-term scale (T0-T1) occurred only for sex:
 837 females increased their knowledge more than males ($p=0.4$, $z=2.08$). From T1-T2 the
 838 knowledge decrease of females was higher than that of males ($p=0.05$, $z\text{-value}=2.00$),
 839 whereas Utilization had a higher negative influence in medium-term than sex ($p<0.001$, $z\text{-}$
 840 $value=-3.58$). In the medium-term knowledge increase (T0-T2) of females was
 841 significantly higher than for males ($p=<0.001$, $z\text{-value}=3.66$), while in the long-term (T0-
 842 T3) no sex effect was observed ($p=0.25$) (Tab. 2). At the level of the knowledge dimensions
 843 in short-term knowledge increase (T0-T1), sex had the highest effect on *Sys* increase
 844 ($p<0.001$, $z\text{-value}=3.30$). Between testing points T1 and T2 the highest influence on *Act*
 845 increase was a sex effect: females forgot less than males ($p=0.01$, $z\text{-value}=2.58$). In the
 846 medium-term, too, sex was the largest effect as well: females increased their knowledge in
 847 *Sys* ($p=0.01$, $z\text{-value}=2.68$) and *Eff* ($p=0.01$, $z\text{-value}=2.54$) significantly higher than males.
 848 For long-term knowledge increase no sex effect was present in any knowledge dimension
 849 ($p<0.12$) (Table 3 and 4).

850 Tab. 3: Effect of the Major Environmental Values (2-MEV) with the subscales Preservation
 851 and Utilization as well as sex effect on overall knowledge increase (linear mixed effects
 852 model (LMM)).

853

Overall knowledge increase over time in dependence of MEV

		Estimate	Std. Error	<i>z-value</i>	<i>p-value</i>	
T0 - T1	PRE	0.00	0.01	0.09	0.93	
	UTIL	0.02	0.01	1.77	0.08	.
	female - male	0.03	0.02	2.08	0.04	*
T1- T2	PRE	-0.01	0.01	-0.53	0.60	
	UTIL	-0.05	0.01	-3.58	<0.001	***
	female - male	0.03	0.02	2.00	0.05	*
T0- T2	PRE	-0.01	0.01	-0.47	0.64	
	UTIL	-0.02	0.01	-1.24	0.22	
	female - male	0.06	0.02	3.66	<0.001	***
T0 -T3	PRE	-0.01	0.01	-1.00	0.32	
	UTIL	-0.02	0.02	-0.99	0.33	
	female - male	0.02	0.02	1.15	0.25	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 (Univariate *p*-values reported, obtained *p*-values were adjusted for multiple testing)

854

1 Tab. 4: Effect of the two Major Environmental Values (2-MEV) with its subscales Preservation
 2 and Utilization as well as sex effect on knowledge acquisition separated in knowledge
 3 dimensions (*Sys* system-related knowledge, *Act* action-related knowledge and *Eff* effectiveness-
 4 related knowledge) (linear mixed effects model (LMM)).

			Estimate	Std. Error	z-value	p-value	
T0 - T1	<i>Sys</i>	PRE	0.05	0.02	2.71	0.01	**
		UTIL	0.02	0.02	0.74	0.45	
		female - male	0.08	0.02	3.30	<0.001	***
	<i>Act</i>	PRE	-0.01	0.02	-0.39	0.70	
		UTIL	0.01	0.02	0.38	0.70	
		female - male	-0.02	0.03	-0.61	0.54	
	<i>Eff</i>	PRE	-0.04	0.02	-1.93	0.05	.
		UTIL	0.05	0.02	2.34	0.02	*
		female - male	0.04	0.03	1.45	0.15	
T1-T2	<i>Sys</i>	PRE	-0.01	0.02	-0.53	0.60	
		UTIL	-0.04	0.02	-1.85	0.06	.
		female - male	0.00	0.03	-0.01	0.99	
	<i>Act</i>	PRE	-0.01	0.02	-0.40	0.69	
		UTIL	-0.05	0.02	-2.02	0.04	*
		female - male	0.08	0.03	2.58	0.01	**
	<i>Eff</i>	PRE	0.00	0.02	-0.02	0.98	
		UTIL	-0.05	0.02	-2.14	0.03	*
		female - male	0.03	0.03	0.93	0.35	
T0-T2	<i>Sys</i>	PRE	0.04	0.02	2.10	0.04	*
		UTIL	-0.03	0.02	-1.55	0.12	
		female - male	0.07	0.03	2.68	0.01	**
	<i>Act</i>	PRE	-0.01	0.02	-0.43	0.67	
		UTIL	-0.03	0.03	-1.05	0.29	
		female - male	0.04	0.03	1.39	0.16	
	<i>Eff</i>	PRE	-0.05	0.02	-2.56	0.01	*
		UTIL	0.01	0.02	0.32	0.75	
		female - male	0.07	0.03	2.54	0.01	*
T0 -T3	<i>Sys</i>	PRE	0.04	0.02	1.79	0.07	.
		UTIL	-0.02	0.02	-0.98	0.33	
		female - male	0.04	0.03	1.54	0.12	
	<i>Act</i>	PRE	-0.06	0.02	-2.70	0.01	**
		UTIL	-0.04	0.03	-1.68	0.09	.
		female - male	0.01	0.03	0.25	0.81	
	<i>Eff</i>	PRE	-0.02	0.02	-1.03	0.30	
		UTIL	0.01	0.02	0.40	0.69	
		female - male	0.00	0.03	0.03	0.98	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 (Univariate *p*-values reported, obtained *p*-values were adjusted for multiple testing)

5 3 Discussion

6 Young students with high Preservation preferences showed high pre-knowledge and increased
7 their knowledge significantly. Additionally, high scorers in Utilization increased their
8 knowledge, despite of presenting negative environmental preferences. In detail, correlations
9 between environmental values and knowledge acquisition showed some interesting features: A
10 high Preservation score acts as a good predictor for high overall knowledge in a nature
11 conservation topic, which seems true for all three knowledge dimensions at all four testing
12 schedules up to six months. Consequently, high environmental knowledge, no matter on which
13 knowledge dimension, relates to a higher attitudinal preference towards nature conservation.
14 High levels of individual knowledge about nature or environment often accompany pro-
15 environmental attitudes. For example, a positive correlation between knowledge and
16 Preservation was shown [25]. That is in line with our results: From the pre- to the post-test (T0-
17 T1) *system-related knowledge* correlated positively with high Preservation preferences,
18 meaning students achieving a higher *system-related knowledge* level ($p=0.01$) and therefore
19 gained more new knowledge. This result is supported by another study where high Preservation
20 preferences correlated positively with post- and retention-knowledge [19]. Students with
21 Preservation preferences successfully added more *system-related knowledge* in our
22 environmental program. This result is in line with literature as significant correlations between
23 knowledge and Preservation are reported [16,26]. Knowledge dimensions *act* and *eff*, however,
24 were unaffected of Preservation preferences, one reason for this result may lay in the fact that
25 students learned mostly system-related knowledge due to our intervention.

26 Utilization correlated negatively with overall knowledge and all knowledge dimensions
27 for pre-knowledge (T0) and both retention knowledge measurement points (T2, T3). This is
28 quite in line with Boeve-de Pauw and Van Petegem [16] who described a negative correlation
29 between Utilization and knowledge. However, not every studies found such a negative
30 correlation [25]. In our study, this relation between high Utilization score and high knowledge

31 disappeared in post knowledge for *system* and *action-related knowledge*. Therefore, high
32 Utilization preferences just supported a short-term learning effect due to our intervention.
33 Interestingly, high Utilization preferences predicted a significant drop in the short-term,
34 especially for the two knowledge types *action-related* and *effectiveness-related knowledge*. One
35 reason might be the lack of interest of high Utilization scorers in nature conservation issues.
36 That might be the reason why newly acquired knowledge could not be maintained in the
37 medium- or long-term. Boeve-de Pauw and Van Petegem [16] explained, for instance, that
38 Utilization attitudes could be influenced through knowledge. Our results showed, that on the
39 one hand, students with a high Utilization score learned significantly, but on the other, they lost
40 much of their newly acquired knowledge very fast. Here, further, especially longitudinal
41 research might help to answer the question if a stable knowledge increase in environmental
42 topics might be possible and able to influence future individual environmental values positively.

43 Concerning the effect of environmental values on the three-environmental-knowledge-
44 model of Kaiser *et al.* [11] knowledge and environmental values are seen as requirements for
45 achieving individual pro-environmental behaviour [27]. That is the reason why these factors
46 are regarded as the ultimate goal of environmental education. *System-related knowledge* has
47 been shown to interact lowest with behaviour and/or values, *action-related* as well as
48 *effectiveness-related knowledge* are shown to have a higher influence on behaviour and/or
49 values [28]. Our results showed, that low pre-existing-knowledge is clearly related to high
50 Utilization scores, while high pre-existing-knowledge is related to high Preservation scores.
51 These high Preservation scores always signal positive preferences in conservation efforts,
52 additionally the model of environmental knowledge within its three forms of knowledge
53 dimensions is regarded as a predictor of positive ecological behaviour [11]. Nevertheless, in
54 our study only the knowledge increase of *System-related knowledge* is correlated to a high
55 Preservation value, but high *System-related knowledge* tends to result in high *Action-related*
56 and *Effectiveness-related knowledge* and deeper understanding [11,28] in a long-term

57 perspective. High scoring Utilizers apparently learn in an education program forwardness their
58 preferences, but unfortunately just in the short-term perspective and not sustainable.

59 All these findings were valid for females as well as males. This lack of a sex influence
60 on environmental values is in line with literature [29,30]. However, it seems mostly dependent
61 on sample selection as often female participants score higher in Preservation and lower in
62 Utilization, indicating that females have stronger pro-environmental values: our study, however
63 is in line with another recent study who reported no sex differences for the same age group as
64 in our study [31]. The reason might simply lie in the sample age as younger students show a
65 higher connectedness with nature [32,33]. This discrepancy may also be caused by a higher
66 social desirability of younger participants [34,35].

67 Interestingly, throughout simultaneous testing and the fact that there was no difference
68 between females and males in characteristics of environmental values in the pre-test, we can
69 consider following: The sex effect often had an important influence as well on both knowledge
70 increase and decrease. In detail, short- and medium-term overall knowledge increases were
71 related only to sex. Only the drop in newly acquired overall knowledge from post- to retention-
72 test one (T1-T2) was highest correlated with Utilization, and second by sex effect. One
73 important factor may lie in the fact that a woman acted as an instructor of our program, as Dee
74 [36] reported strong evidence that girls' performance benefitted from being taught by female
75 teachers and boys by male teachers.

76 For educational purposes, environmental competence is apparently able to promote
77 knowledge acquisition on the basis of existing positive environmental values. Even though
78 many studies focus on knowledge increase through environmental education programs [6,9,25],
79 little is known about the influence of environmental attitudes playing a decisive role in
80 achieving higher knowledge levels, especially for the three knowledge dimensions of the
81 environmental knowledge model. Our results are a first step to overcome this apparent gap,
82 even as more research is needed to understand the factors influencing the increase of

83 environmental knowledge with respect to future relevant nature conservation issues. We point
84 to the need for a longer intervention time span in order to reach even those students with low
85 pro-environmental values. These students need to acquire longer lasting knowledge about the
86 environment and nature conservation and eventually change their environmental values and
87 behaviour in a positive way.

88 Summing up, environmental values play a key role in gaining knowledge at student-
89 centred learning environments and should never be neglected. Since especially acquiring
90 *system-knowledge* in the short-term seemed significantly influenced by a high preservation
91 score as well as forgetting (T1-T2) seemed highly depended on a high Utilization score most
92 notably in *action-related* and *effectiveness-related knowledge*.

93

94 **Conclusion**

95 Identifying environmental values and cognitive knowledge acquisition in short-,
96 medium- and long-term perspective helps optimizing knowledge transfer. Especially
97 environmental knowledge about nature conservation seems to support foundations of positive
98 environmental values. High environmental knowledge and pro-environmental attitudes go hand
99 in hand with each other, while low knowledge levels are correlated to a more exploiting nature
100 preference. However, causalities of pre-knowledge level in environmental issues induces pro-
101 environmental attitudes or vice versa remains open. A positive conclusion is the simple fact that
102 all students acquired knowledge independently of pre-existing environmental preferences,
103 which is a strong argument for educational approaches for diverse groups. The additional
104 influence of sex should not be neglected. Therefore, subsequent research needs to address sex
105 dependent learning preferences and focus on potential ways to even better keep newly acquired
106 knowledge as well as support sustainability and set-up of positive environmental value levels.

107

108

109 **Acknowledgements**

110 We thank all teachers and students involved in this study for their cooperation. This study was
111 supported by Open Discover Space (European Union CIP PSP Grant Agreement No. 297229).

112

113 **References**

- 114 1. Díaz S, Fargione J, Chapin FS, Tilman D. Biodiversity loss threatens human well-being.
115 PLoS Biol. 2006;4: 1300–1305. doi:10.1371/journal.pbio.0040277
- 116 2. Foley J a, Defries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, et al. Global
117 consequences of land use. Science. 2005;309: 570–574. doi:10.1126/science.1111772
- 118 3. Boucher Y, Arseneault D, Sirois L, Blais L. Logging pattern and landscape changes over
119 the last century at the boreal and deciduous forest transition in Eastern Canada. Landsc
120 Ecol. 2009;24: 171–184. doi:10.1007/s10980-008-9294-8
- 121 4. Valentini R, Matteucci G, Dolman a J, Schulze ED, Rebmann C, Moors EJ, et al.
122 Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. Nature.
123 2000;404: 861–865. doi:10.1038/35009084
- 124 5. Bogner FX. Empirical evaluation of an educational conservation programme introduced
125 in Swiss secondary schools. Int J Sci Educ. 1999;21: 1169–1185.
- 126 6. Randler C, Ilg A, Kern J. Cognitive and Emotional Evaluation of an Amphibian
127 Conservation Program for Elementary School. Reports Res. 2005;37: 43–53.
- 128 7. Duerden MD, Witt PA. The impact of direct and indirect experiences on the development
129 of environmental knowledge, attitudes, and behavior. J Environ Psychol. Elsevier Ltd;
130 2010;30: 379–392. doi:10.1016/j.jenvp.2010.03.007
- 131 8. Falk JH, Balling JD. The field trip milieu: learning and behavior as a function of
132 contextual events. J Educ Res. 1982;76: 22–28. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- 133 9. Sturm H, Bogner FX. Learning at workstations in two different environments: A museum
134 and a classroom. Stud Educ Eval. 2010;36: 14–19. doi:10.1016/j.stueduc.2010.09.002

- 135 10. Poudel DD, Vincent LM, Anzalone C, Huner J, Wollard D, Clement T, et al. Hands-On
136 Activities and Challenge Tests in Agricultural and Environmental Education. *J Environ*
137 *Educ.* 2005;36: 10–22. doi:10.3200/JOEE.36.4.10-22
- 138 11. Kaiser FG, Roczen N, Bogner FX. Competence Formation in Environmental Education :
139 Advancing Ecology-Specific Rather Than General Abilities. *Sci Educ.* 2008;2: 56–70.
- 140 12. Bogner FX, Wiseman M. Adolescents' attitudes towards nature and environment:
141 Quantifying the 2-MEV model. *Environmentalist.* 2006;26: 247–254.
142 doi:10.1007/s10669-006-8660-9
- 143 13. Milfont TL, Duckitt J. The structure of environmental attitudes: A first- and second-order
144 confirmatory factor analysis. *J Environ Psychol.* 2004;24: 289–303.
145 doi:10.1016/j.jenvp.2004.09.001
- 146 14. Johnson B, Manoli C. Using Bogner and Wiseman's Model of Ecological Values to
147 measure the impact of an earth education program on children's environmental
148 perceptions. *Environ Educ Res.* 2008;14: 115–127.
- 149 15. Johnson B, Manoli CC. The 2-MEV Scale in the United States: A Measure of Children's
150 Environmental Attitudes Based on the Theory of Ecological Attitude. *J Environ Educ.*
151 2010;42: 84–97. doi:10.1080/00958964.2010.503716
- 152 16. Boeve-de Pauw J, Van Petegem P. The Effect of Flemish Eco-Schools on Student
153 Environmental Knowledge, Attitudes, and Affect. *Int J Sci Educ.* 2011;33: 1513–1538.
154 doi:10.1080/09500693.2010.540725
- 155 17. Borchers C, Boesch C, Riedel J, Guilahoux H, Ouattara D, Randler C. Environmental
156 Education in Côte d'Ivoire/West Africa: Extra-Curricular Primary School Teaching
157 Shows Positive Impact on Environmental Knowledge and Attitudes. *Int J Sci Educ Part*
158 *B.* 2013; 1–20. doi:10.1080/21548455.2013.803632
- 159 18. Kollmuss A, Agyeman J. Mind the Gap : Why do people act environmentally and what
160 are the barriers to pro- environmental behavior? *Mind the Gap : why do people act*

- 161 environmentally and what are the barriers to. *Environ Educ Res.* 2010;8: 37–41.
162 doi:10.1080/1350462022014540
- 163 19. Dieser O, Bogner FX. How does hands-on outdoor learning influence children's
164 environmental perception. *J Environ Educ.* 2015; Submitted.
- 165 20. Frick J, Kaiser FG, Wilson M. Environmental knowledge and conservation behavior:
166 exploring prevalence and structure in a representative sample. *Pers Individ Dif.* 2004;37:
167 1597–1613. doi:10.1016/j.paid.2004.02.015
- 168 21. Kibbe A, Bogner FX, Kaiser FG. Exploitative vs. appreciative use of nature - Two
169 interpretations of utilization and their relevance for environmental education. *Stud Educ*
170 *Eval.* Elsevier Ltd; 2014;41: 106–112. doi:10.1016/j.stueduc.2013.11.007
- 171 22. Fančovičová J, Prokop P. Plants have a chance: outdoor educational programmes alter
172 students' knowledge and attitudes towards plants. *Environ Educ Res.* 2011;17: 537–551.
173 doi:10.1080/13504622.2010.545874
- 174 23. Bolker BM, Brooks ME, Clark CJ, Geange SW, Poulsen JR, Stevens MHH, et al.
175 Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends*
176 *Ecol Evol.* 2009;24: 127–135. doi:10.1016/j.tree.2008.10.008
- 177 24. Hothorn T, Bretz F, Westfall P. Simultaneous Inference in General Parametric Models.
178 2012;50: 346–363.
- 179 25. Fremerey C, Bogner FX. Cognitive learning in authentic environments in relation to
180 green attitude preferences. *Stud Educ Eval.* Elsevier Ltd; 2015;44: 9–15.
181 doi:10.1016/j.stueduc.2014.11.002
- 182 26. Schneller AJ, Johnson B, Bogner FX. Measuring children's environmental attitudes and
183 values in northwest Mexico: validating a modified version of measures to test the Model
184 of Ecological Values (2-MEV). *Environ Educ Res.* Routledge; 2013; 1–15.
185 doi:10.1080/13504622.2013.843648
- 186 27. Stern PC, Dietz T, Guagnano GA. The new ecological paradigm in social-psycho-logical

- 187 context. *Environ Behav.* 1995;27: 723–743.
- 188 28. Roczen N, Kaiser FG, Bogner FX, Wilson M. A Competence Model for Environmental
189 Education. *Environ Behav.* 2013;46: 972–992. doi:10.1177/0013916513492416
- 190 29. Arcury T, Christianson E. Rural and urban differences in environmental knowledge and
191 action. *J Environ Educ.* 1993;25: 19–25. doi:10.1080/00958964.1993.9941940
- 192 30. Zelezny LC, Chua P-P, Aldrich C. New ways of thinking about environmentalism:
193 Elaborating on gender differences in environmentalism. *J Soc Issues.* 2000;56: 443–457.
194 doi:10.1111/0022-4537.00177
- 195 31. Liefländer AK, Bogner FX. The Effects of Children’s Age and Sex on Acquiring Pro-
196 Environmental Attitudes Through Environmental Education. *J Environ Educ.* 2014;45:
197 105–117. doi:10.1080/00958964.2013.875511
- 198 32. Dunlap RE. The New Environmental Paradigm Scale: From Marginality to Worldwide
199 Use. *J Environ Educ.* 2008;40: 3–18. doi:10.3200/JOEE.40.1.3-18
- 200 33. Liefländer AK, Fröhlich G, Bogner FX, Schultz PW. Promoting connectedness with
201 nature through environmental education. *Environ Educ Res.* 2012;19: 370–384.
202 doi:10.1080/13504622.2012.697545
- 203 34. Oerke B, Bogner FX. Social Desirability, Environmental Attitudes, and General
204 Ecological Behaviour in Children. *Int J Sci Educ.* 2011; 1–18.
205 doi:10.1080/09500693.2011.566897
- 206 35. Boehnke K, Silbereisen RK, Reynolds C, Richmond B. What I think and feel: German
207 experience with the revised form of the Children’s Manifest Anxiety Scale. *Pers Individ*
208 *Dif.* 1986;7: 553–560. doi:10.1016/0191-8869(86)90132-7
- 209 36. Dee TS. “The Why Chromosome. How a Teacher’s Gender Affects Boys and Girls.”
210 *Educ Next.* 2006;6: 69–75.

211

212

5.6 Teilarbeit D

Thorn, C. J. & Bogner, F. X. (2015)

How personality predicts individual willingness for conservation

Journal of Environmental Education (JEE)

submitted (Januar 2016)

1 **How personality predicts individual willingness for conservation**

2

3 **Christine J. Thorn.** University of Bayreuth, Centre of Math and Science Education (Z-MNU),
4 Universitätsstraße 30, NW II, 95447 Bayreuth, Germany. Christine.Thorn@uni-bayreuth.de

5

6 **Christine J. Thorn** is PhD candidate in Biological Education at the University Bayreuth, Germany. Her
7 research interests focus on student-centred learning with green conservation issues (within formal and
8 informal contexts).

9

10 **Franz X. Bogner.** University of Bayreuth, Centre of Math and Science Education (Z-MNU),
11 Universitätsstraße 30, NW II, 95447 Bayreuth, Germany. Franz.Bogner@uni-bayreuth.de

12

13 **Franz X. Bogner** is professor on the Bavarian Chair of Biology Education and Head of the Centre of
14 Math and Science Education (Z-MNU) at the University Bayreuth. His research interests concentrate on
15 intervening with green attitudes (2-MEV) and behavior (GEB) via formal and informal inquiry-based
16 learning.

17

18 Corresponding author: Christine J. Thorn, Christine.Thorn@uni-bayreuth.de

19

Phone number: +49 0921/55-3029

20

21 *Highlights:*

22 1.) The personality trait ‘Openness to Experience’ correlated positively with Preservation
23 and negatively with Utilization.

24 2.) This dichotomous relationship suggests different kind of personalities (as belonging to
25 the domain of Openness to Experience) to have diverge views on nature and
26 environment, due to conservation vs. exploitation of nature.

27 3.) The knowledge about this relationship adds substantial value for any teacher or
28 instructor since he/she can harvest an additional input variable to deduce individual
29 preferences within this context, which leads to an optimization of appropriate
30 educational lessons.

31

32 *Abstract:*

33 As the relationship between environmental preferences and personality needs clarification, we
34 measured environmental attitudes and personality traits of 301 adolescents. We quantified
35 environmental attitudes using the 2-MEV scale with its two higher-order factors Utilization and
36 Preservation, and personality via the BIF-10 scale covering Extraversion, Agreeableness,
37 Conscientiousness, Neuroticism and Openness. The personality trait ‘Openness to Experience’
38 correlated positively with Preservation and negatively with Utilization. This relationship
39 illustrates the individual view towards conservation and the exploitation of nature depending
40 on the trait “Openness to Experience”. Conclusions for educators are discussed.

41

42 Keywords: personality domains, environmental attitudes, Big Five Inventory-10 (BFI-10),
43 Major environmental Values (2-MEV), 6th to 8th graders

44

45 ***Introduction***

46 Individuals differ in environmental attitudes, by holding either positive or negative
47 preferences towards nature and environment. Many studies have shown the diversity of
48 these environmental preferences (e.g. Bogner & Wiseman, 2002). External influence may
49 come from cultural background of different regions (Bogner & Wiseman, 1998), racial
50 perception (Floyd & Gramann, 1993; Sheppard, 1995), urban/rural environments (Bogner
51 & Wiseman, 1997) or even education in school (Kaiser et al., 2007). Out of many potential
52 factors, one definitely underestimated one is the individual personality which is regarded
53 as a highly stable and biologically-based aspect of each human (Eysenck, 1990;
54 Zuckerman, 1991). Only three studies, some time ago, investigated environmental values
55 together with personality traits, one regarding the relation between environmental values
56 and risk-taking preferences (Bogner, Brengelmann, & Wiseman, 2000), the other in
57 focusing on Eysenck's personality domains (Eysenck, 1990) in relation to environmental
58 attitudes (Wiseman & Bogner, 2003). Additionally one current study focused on the
59 relation between environmental values and the personality factor authoritarianism
60 (Wiseman et al., 2012).

61

62 ***Willingness to Conservation (2-MEV)***

63 Environmental attitudes are measured with the bi-dimensional 2-Major Environmental
64 Value scale (2-MEV) which covers Preservation and Utilization, by combining primary
65 factors based on selected item sets (Bogner & Wiseman, 1999, 2006): Based on a 20-item
66 instrument, the two-dimensional orthogonal higher order factor model provides the
67 potential to determine preferences in Preservation as well as Utilization. In that bi-
68 dimensionality lies a major advantage of the model, as the individual conflict between
69 protection versus exploitation of nature do not exist (Boeve-de Pauw & Van Petegem,

70 2011). Meaning that high scores in Preservation show a positive conservational preference,
71 high scores in Utilization reflect utilizing and/or exploiting preferences, which does not
72 imply that people who have strong Preservation attitudes, necessarily have weak Utilization
73 attitudes (Bogner & Wiseman, 2006).

74 The 2-MEV scale is worldwide in the exceptional situation that this scale has been
75 repeatedly confirmed by research groups of quite different backgrounds (Boeve-de Pauw
76 & Van Petegem, 2011; Borchers et al., 2013; Johnson & Manoli, 2008; Milfont & Duckitt,
77 2004).

78 Educational programs are capable of causing shifts in environmental values
79 (Bogner, 1998; Johnson & Manoli, 2008). Many educational programs have been shown to
80 increase Preservation scores and decrease Utilization scores (e.g., Bogner & Wiseman,
81 2004; Johnson & Manoli, 2010). This outcome is not consistent: as other studies have
82 increased Utilization scores (Bogner, 2002) or only Preservation scores (Bogner, 1999).
83 Even no change of either score after a week-long program has also been reported (Dieser
84 & Bogner, 2015).

85

86 *Big Five personality domains*

87 A variety of scales have been developed to measure personality (Eysenck, 1990; McCrae
88 & Costa, 1987). An often used instrument is the Big Five Inventory (BFI) which was first
89 constructed in the 1980s combining the best established scales such as Eysenck's
90 Extraversion and Neuroticism scales (Eysenck, 1990). It includes the following personality
91 domains: extraversion, agreeableness, conscientiousness, neuroticism and openness to
92 experience (openness) (John et al., 1991). A short description of these domains due to John
93 & Srivastava (1999) and Roccas, Sagiv, Schwartz, & Knafo (2002) will help to understand
94 the argumentation later on:

95 (I) *Extraversion*. Individuals who tend to score high on Extraversion are sociable,
96 talkative, assertive, and active; low scorers tend to be retiring, reserved, and
97 cautious.

98 (II) *Agreeableness*. Individuals who tend to score high on Agreeableness are good-
99 natured, compliant, modest, gentle, and cooperative. Low scorers on this
100 dimension tend to be irritable, ruthless, suspicious, and inflexible.

101 (III) *Conscientiousness*. Individuals high in Conscientiousness tend to be careful,
102 thorough, responsible, organized, and scrupulous. Those low on this dimension
103 tend to be irresponsible, disorganized, and unscrupulous.

104 (IV) *Neuroticism*. Individuals high on Neuroticism tend to be anxious, depressed,
105 angry, and insecure. Those low on Neuroticism tend to be calm, poised, and
106 emotionally stable.

107 (V) *Openness to Experience*. Individuals who score high on this dimension tend to
108 be intellectual, imaginative, sensitive, and open-minded. Low scorers tend to be
109 down-to-earth, insensitive, and conventional.

110

111 Over time, the number of items has been reduced and the scale shortened from the
112 standard BFI-44 (John et al., 1991) to a 10-item scale, the Big Five Inventory-10 (BFI-10)
113 (Gosling et al., 2003; Rammstedt & John, 2007). This short BFI-10 allows implementation
114 in studies where time is limited and personality traits are not the major research interest
115 (Gosling et al., 2003). It is widely used by researchers in many fields (Furnham et al., 2003;
116 Randler et al., 2014).

117 The main objective of our present study is the analysis of possible associations
118 between environmental values and the widely used big five personality domains.

119

120 ***Material & Methods***121 *Participants & procedure*

122 Participants were 6th to 8th graders from thirteen school classes ($N=301$; male 52.82%;
123 47.18% female; average age=12.79 $SD=1.07$). A paper-and-pencil-questionnaire
124 measuring two scales was implemented once. All responses were anonymous.

125

126 *Empirical Instruments*

127 Environmental attitude sets were analysed on the basis of the 2-Major Environmental Value
128 scale (Kibbe et al., 2014) following a Likert scale response pattern ('strongly agree' 5,
129 'undecided' 3, 'strongly disagree' 1). The two-dimensional higher order factor model
130 consists of 10 items for Preservation and 10 items for Utilization. Half of the items were
131 reversed coded. Personality domains were measured using the Big Five Inventory-10 (BFI-
132 10) (Gosling et al., 2003; Rammstedt & John, 2007), which consists of two items (one is
133 always reversed) for each of the five personality domains. The domain are: Extraversion,
134 Agreeableness, Conscientiousness, Neuroticism and Openness to Experience. They were
135 rated on a five-step scale from 'strongly agree'=5, via 'undecided'=3, to 'strongly
136 disagree'=1 (see Table 1).

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150 Tab. 1: Instructions and items used in the questionnaire for data acquisition of the
 151 personality domains: extraversion, agreeableness, conscientiousness, neuroticism and
 152 openness (Big Five Inventory-10, with five personality domains, one item per domain is
 153 reversed coded) (adapted from Rammstedt & John, 2007).

I see myself as someone who...	Disagree strongly	Disagree a little	Neither agree nor disagree	Agree a little	Agree strongly
<i>1R</i> ... is reserved.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>2</i> ... is generally trusting.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>3R</i> ... tends to be lazy.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>4R</i> ... is relaxed, handles stress well.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>5R</i> ... has few artistic interests.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>6</i> ... is outgoing, sociable.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>7R</i> ... tends to find fault with others.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>8</i> ... does a thorough job.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>9</i> ... gets nervous easily.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>10</i> ... has an active imagination.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Scoring BFI-10 scales:
Extraversion: 1R, 6; Agreeableness: 2, 7R; Conscientiousness: 3R, 8; Neuroticism: 4R, 9; Openness: 5R, 10 (R: item is reversed-coded)

154

155 *Statistic*

156 All analyses were performed by using R version 3.1.2 (The R Foundation for Statistical
 157 Computing, 2014). For all measures mean scores per student were computed. Correlations
 158 were analyzed for 2-MEV and for BFI-10 with Pearson's product-moment correlation for
 159 normally distributed data (package *stats* with function *cor.test*). We used Pearson's *rho* (r)
 160 with $.10 \leq r \leq .29$ for small, $.30 \leq r \leq .49$ for medium and $r \geq .50$ for large correlations to
 161 estimate relations (Cohen, 1960). We applied two linear models (*lm*) to carry out
 162 regressions between 2-MEV and BFI-10. We selected preservation as the target variable
 163 and scores on each of the five domains, age and sex as predictors. In the second model we
 164 selected utilization as target variable, all predictors remained constant. We employed
 165 function *lm* in the package *stats* (for method see Wilkinson & Rogers, 1973).

166 **Results**

167 The mean of preservation scored 3.69 (*SD* 0.71; min=1; max=5) and the mean utilization
 168 was 2.54 (*SD* 0.61; min=1; max=5) (Fig. 1). For both environmental values no sex effect
 169 appeared (PRE $p=0.74$; UTIL $p=0.77$). Cronbach's alpha for Preservation was 0.76 and for
 170 Utilization 0.63, both factors correlated with each other with $p=0.33$ ($r=0.06$) (Fig. 2).

171 The mean Extraversion score was 2.73 (*SD* 0.78), Agreeableness 2.80 (*SD* 0.85),
 172 Conscientiousness 2.83 (*SD* 0.97), Neuroticism 3.19 (*SD* 0.86) and Openness 2.74 (*SD*
 173 01.01) (Fig. 1).

174

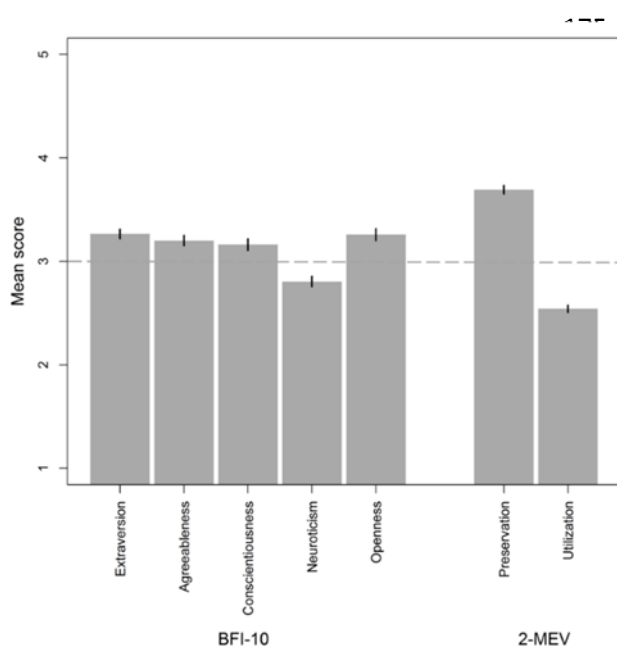


Fig. 1: Mean scores of the BFI-10 (Big Five inventory-10) personality domains (left hand), and of both 2-MEV subscales (2-Major Environmental Values) Preservation and Utilization. Mean scores: Preservation 3.69 *SD* 0.71, Utilization 2.54 *SD* 0.61; BFI-10 mean scores: Extraversion 2.73 *SD* 0.78, Agreeableness 2.80 *SD* 0.85, Conscientiousness 2.83 *SD* 0.97, Neuroticism 3.19 *SD* 0.86 and Openness 2.74 *SD* 01.01.

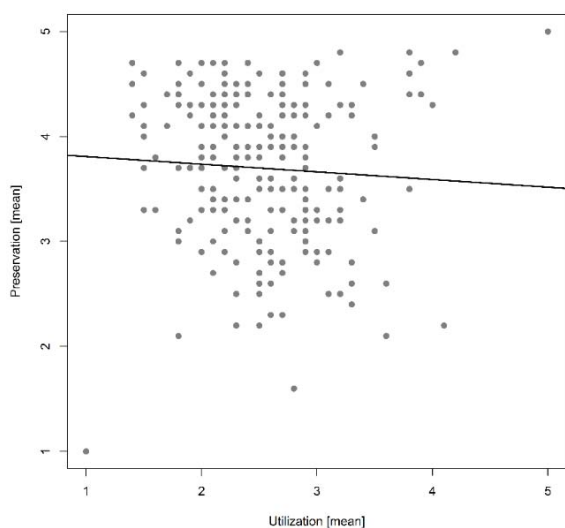
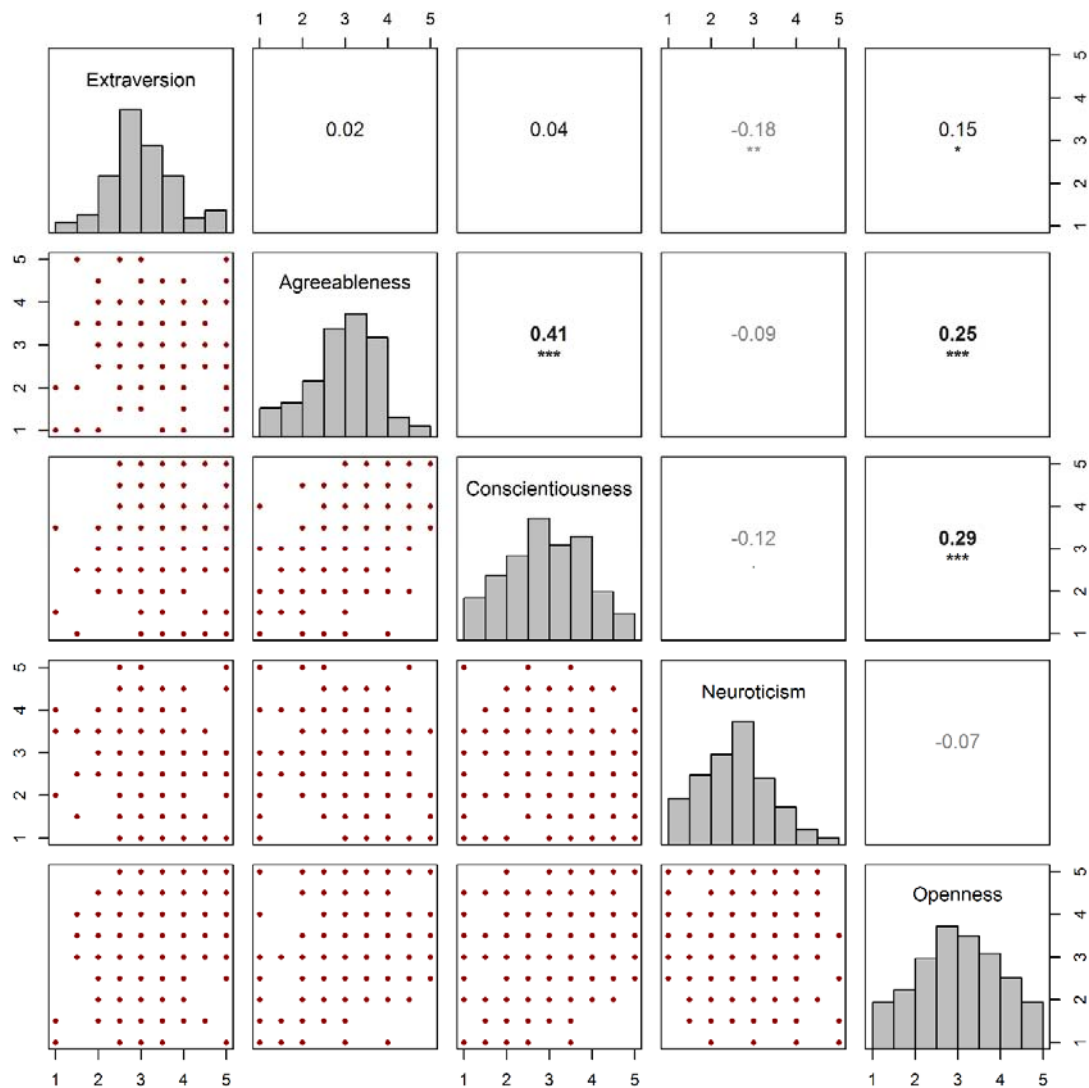


Fig. 2: Independence between Preservation and Utilization with $p=0.33$ (Pearson's product-moment correlation, $r=0.06$).

196 Concerning the big five personality domains positive medium correlations were found for
 197 Conscientiousness with Agreeableness ($r=0.41^{***}$) and as well with Openness
 198 ($r=0.29^{***}$). Similarly, small positive correlations exist for Openness with Agreeableness
 199 ($r=0.25^{***}$) as well as with Extraversion ($r=0.15^*$). Finally, one small negative correlation
 200 emerged between Neuroticism and Extraversion ($r=-0.18^{**}$) (see Fig. 3).



201

202 Fig. 3: Pearson's correlations between the five personality domains measured with BFI-10
 203 (Big Five Inventory-10). Note: Top right: Pearson's ρ (r) and p -value of correlation;
 204 bottom left: scatter plot showing the respective distribution.

205

206 First model showed that high preservation scores correlated with high Openness scores
 207 ($p=0.004$) as the highest influence in the model ($z\text{-value}=2.95$) (Fig. 4). None of the other
 208 personality domains, age or sex correlated with Preservation ($p>0.1$) (Tab. 2).

209 Second model showed that high utilization scores were associated with low
 210 Openness scores ($p=0.016$) with highest influence in the model ($z\text{-value}=-2.43$) (Fig. IV).
 211 In addition for high Utilization scores correlated positively with age ($p=0.023$; $z\text{-}$
 212 $value=2.29$). None of the other four personality domains or sex correlated with Utilization
 213 ($p>0.35$) (Tab. 2).

214

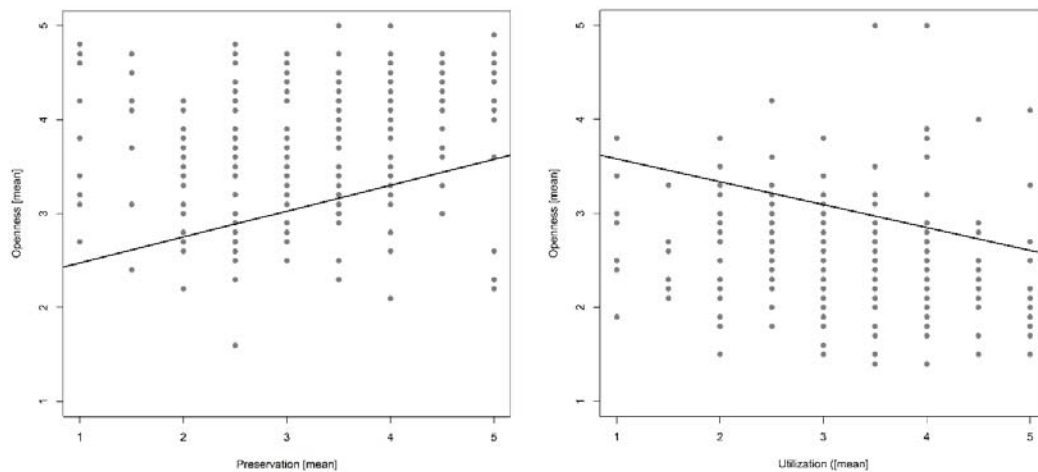
215 Tab. 2: Interrelations between 2-MEV (Major-Environmental Values) and BFI-10 (Big
 216 Five Inventory-10) (LM linear model).

	BFI-10	Estimate	Std. Error	z-value	p-value
Preservation	extraversion	-0.01	0.06	-0.12	0.901
	agreeableness	-0.09	0.06	-1.50	0.134
	conscientiousness	0.08	0.05	1.65	0.101
	neuroticism	0.06	0.05	1.17	0.243
	openness	0.14	0.05	2.95	0.004 **
	age	-0.04	0.04	-1.08	0.280
	sex male-female	0.03	0.09	0.29	0.770
Utilization	extraversion	-0.02	0.06	-0.37	0.714
	agreeableness	-0.08	0.06	-1.31	0.191
	conscientiousness	0.05	0.05	0.94	0.347
	neuroticism	-0.04	0.05	-0.86	0.388
	openness	-0.11	0.05	-2.43	0.016 *
	age	0.09	0.04	2.29	0.023 *
	sex male-female	-0.01	0.08	-0.11	0.914

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

217

218



219

220 Fig. 4: Positive interrelation between Openness and Preservation ($p=0.004$, $r=0.19$) and a
 221 negative one with Utilization ($p=0.03$, $r=-0.15$) (measured with 2-MEV and BFI-10)
 222 (Pearson's product moment correlation).

223

224 *Discussion*

225 The Big Five personality domains correlate with both Major Environmental Value factors.

226 It makes perfect sense that the personality domain 'Openness to Experience', correlates

227 positively with high Preservation and negatively with low Utilization scores since high

228 scores in Openness to Experience reflect intellectual and open-minded individuals (Roccas

229 et al., 2002). These students score high on positive environmental attitudes (Preservation),

230 as for example, they are open to new issues, like conservation of nature. A high score in

231 Openness to Experience is highly compatible with the motivational goals of self-direction,

232 which implies autonomy of thought and action as well as openness to new ideas and

233 experiences and universalism, likely resulting in understanding and tolerance for people

234 and ideas as well as appreciation of beauty and nature (Roccas et al., 2002). Such an

235 appreciation of beauty and nature is reflected in our result pattern as high scorer in

236 Preservation are high scorer in Openness to Experience as well. Additionally, Openness is

237 relevant for curiosity (Furnham et al., 2003), which confirms our findings, as high scorers

238 in Preservation seem to possess scientific curiosity and therefore are not afraid of a
239 changing environment, for example, by investing in renewable energy or supporting nature
240 conservation. All these findings perfectly supplement our results, especially if we
241 reconsider the negative correlation between Openness and Utilization. Other studies show
242 Openness to Experience as conflicting with the motivational goals of conformity, tradition,
243 and security, which means that low scorers in Openness are more likely to be concerned
244 about preserving a status quo and to avoid new challenges (Roccas et al., 2002). Low
245 scorers in Openness prefer to stay in an unchanged, current state. A high Utilization score
246 correlating with low Openness scores seems to confirm that students conserve well-known
247 and familiar situations and well-tried ways.

248 These conclusions get support from Bogner and colleagues (2000) who reported
249 high Preservations scores as associated with playful thrill of gambling and Utilization
250 scores as associated with achievement oriented risk-taking, reasoning that Utilizers do not
251 like unpredictable risks. Our results follow the statement of Bogner et al. (2000) who
252 concluded that preservation reflects a more eco-centric, and Utilization a more
253 anthropocentric view. Similarly, our results concur with the results from Wiseman &
254 Bogner (2003), although in that study the PENL as personality scale was applied (Eysenck,
255 1990). Neuroticism (including aspects such as anxiety, emotionality and self-esteem)
256 correlated positively with Preservation, Psychoticism (characterized by aggressive, tough-
257 minded and egocentric attitudes) with Utilization, leading to the interpretation that “the
258 positive correlation of Psychoticism with Utilization suggests that Utilization is associated
259 with tough-mindedness and egocentrism. The Preservation dimension, on the other hand,
260 is associated with anxiety, perhaps tainted with feelings of guilt towards the environment”
261 (Wiseman & Bogner, 2003, p. 791). Additionally a negative correlation between
262 authoritarianism and preservation and a positive correlation between authoritarianism and

263 utilization is reported from Wiseman and colleagues (2012), which accompany our results.
264 They concluded that “in terms of the aggressive and self-serving nature of those scoring
265 high on the tough-minded brand of conservatism assessed by the authoritarianism factor”
266 (Wiseman et al., 2012, p.25).

267 The positive association of Utilization scores with age we found might originate in
268 the social desirability. Earlier studies suggested that younger children tend to score higher
269 in Preservation and lower in Utilization, older ones in contrast might have a higher score
270 in Utilization caused by their wish ‘to be cool’ (Oerke & Bogner, 2011). Our sample seem
271 to follow this pattern as higher Utilization scores are aligned with higher age (mean age =
272 12.79 *SD* 1.07). Here, further research is required. Additionally, our results showed that the
273 two higher ordered factors Preservation and Utilization are none correlated dimensions,
274 which is in line with previous studies (Boeve-de Pauw & Van Petegem, 2011; Bogner &
275 Wiseman, 2006).

276 The Big Five domains are generally conceptualized as independent from each other,
277 though the self-report instrument generates mutual correlations (Ashton, Lee, Goldberg, &
278 de Vries, 2009). In our case, the Big Five personality domains Openness to Experience
279 correlates positively with Agreeableness, Conscientiousness and Extraversion, as well as
280 Agreeableness with Conscientiousness. The positive associations between Openness and
281 Extraversion as well as between Agreeableness with Conscientiousness are well-known
282 (Digman, 1997). These correlations are usually substantial among those scales (Ashton et
283 al., 2009), due to the fact that Agreeableness and Conscientiousness tend to include
284 adjectives loading quite strongly on both factors, describing the extent to which an
285 individual is well socialized (Ashton, Lee, & Goldberg, 2004). The same is true for the
286 positive correlation between Openness to Experience and Extraversion: traits of both
287 domains, like originality, enthusiasm, leadership fall into the high-Extraversion, high-

288 Openness quadrant and therefore describe individuals capable of capturing the attention of
289 others and keeping it (Ashton et al., 2009). The other correlation of our study fit well with
290 the literature: the positive correlations between Openness to Experience with
291 Agreeableness (Biesanz & West, 2004) as well as with Conscientiousness (DeYoung,
292 2006), the same is true for the negative correlation between Extraversion and Neuroticism
293 (Biesanz & West, 2004).

294

295 *Conclusion*

296 The personality domain Openness to Experience clearly associates positively with
297 Preservation and negatively with Utilization. This dichotomous relationship suggests
298 different kind of personalities (as belonging to the domain of Openness to Experience) to
299 have diverge views on nature and environment, due to conservation vs. exploitation of
300 nature, and therefore differ in their attitudinal preferences. The knowledge about this
301 relationship adds substantial value for any teacher or instructor since he/she can harvest an
302 additional input variable to deduce individual preferences within this context. Indicators of
303 Openness to Experience might be easier and faster detectable as they are more visible than
304 the individual environmental preferences. This knowledge could help instructors for
305 optimal preparation of appropriate field center lessons. For instructors of informal
306 interventions where very often participants are unknown beforehand, this additional
307 assumption may provide the turning point to a successful field course. Visualizing
308 preferences in nature conservation and/or in nature exploitation without paper-and-pencil
309 approaches supports an optimization of appropriate educational lessons.

310

311

312

313 *Acknowledgements*

314 We are grateful to the field center ‘Umweltstation Weismain’ for assistance in cooperation
 315 with schools and to all teachers and students for participation. Similarly, the Bavarian
 316 Ministry of Education (“Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus,
 317 Wissenschaft und Kunst”) had permitted the study (II.7-5 O 5106/92/7). Financial support
 318 came from the Open Discovery Space Project (ODS) (European Union CIP PSP Grant
 319 Agreement No. 297229) as well as the University of Bayreuth.

320

321 *References*

- 322 Ashton, M. C., Lee, K., & Goldberg, L. R. (2004). A hierarchical analysis of 1,710
 323 English personality-descriptive adjectives. *Journal of Personality and Social*
 324 *Psychology*, 87(5), 707–721. <http://doi.org/10.1037/0022-3514.87.5.707>
- 325 Ashton, M. C., Lee, K., Goldberg, L. R., & de Vries, R. E. (2009). Higher order Factors
 326 of Personality: Do They Exist? *Personality and Social Psychology Review*, 13(2),
 327 79–91. <http://doi.org/10.1177/1088868309338467>
- 328 Biesanz, J. C., & West, S. G. (2004). Towards understanding assessments of the big five:
 329 Multitrait-multimethod analyses of convergent and discriminant validity across
 330 measurement occasion and type of observer. *Journal of Personality*, 72(4), 845–
 331 876. <http://doi.org/10.1111/j.0022-3506.2004.00282.x>
- 332 Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2011). The Effect of Flemish Eco-Schools on
 333 Student Environmental Knowledge, Attitudes, and Affect. *International Journal of*
 334 *Science Education*, 33(11), 1513–1538.
 335 <http://doi.org/10.1080/09500693.2010.540725>
- 336 Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-
 337 term variables of environmental perspective. *The Journal of Environmental*
 338 *Education*, 29(4), 17–29.
- 339 Bogner, F. X. (1999). Empirical evaluation of an educational conservation. *International*
 340 *Journal of Science Education*, 21(11), 1169–1185.
- 341 Bogner, F. X. (2002). The influence of a residential outdoor education programme to
 342 pupil’s environmental perception. *European Journal of Psychology of Education*,
 343 17(1), 19–34. <http://doi.org/10.1007/BF03173202>

- 344 Bogner, F. X., Brengelmann, J. C., & Wiseman, M. (2000). Risk taking and
345 environmental perception. *The Environmentalist*, 20, 49–62.
- 346 Bogner, F. X., & Wiseman, M. (1997). Environmental Perception of Rural and Urban
347 Pupils. *Journal of Environmental Psychology*, 17, 111–122.
348 <http://doi.org/10.1006/jev.1997.0046>
- 349 Bogner, F. X., & Wiseman, M. (1998). Environmental Perception of Swiss and Bavarian
350 Pupils: An Empirical Evaluation. *Swiss Journal of Sociology*, 24(3), 547–566.
- 351 Bogner, F. X., & Wiseman, M. (1999). Toward measuring adolescent environmental
352 perception. *European Psychologist*, 4(3), 139–151.
- 353 Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2002). Environmental perception of french and some
354 Western European secondary school students. *European Journal of Psychology of*
355 *Education*, 17(1), 3–18. <http://doi.org/10.1007/BF03173201>
- 356 Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2004). Outdoor Ecology Education and Pupils'
357 Environmental Perception in Preservation and Utilization. *Science Education*
358 *International*, 15(1), 27–48.
- 359 Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2006). Adolescents' attitudes towards nature and
360 environment: Quantifying the 2-MEV model. *Environmentalist*, 26(4), 247–254.
361 <http://doi.org/10.1007/s10669-006-8660-9>
- 362 Bolker, B. M., Brooks, M. E., Clark, C. J., Geange, S. W., Poulsen, J. R., Stevens, M. H.
363 H., & White, J. S. S. (2009). Generalized linear mixed models: a practical guide for
364 ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(3), 127–135.
365 <http://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- 366 Borchers, C., Boesch, C., Riedel, J., Guilahoux, H., Ouattara, D., & Randler, C. (2013).
367 Environmental Education in Côte d'Ivoire/West Africa: Extra-Curricular Primary
368 School Teaching Shows Positive Impact on Environmental Knowledge and
369 Attitudes. *International Journal of Science Education, Part B*, (August), 1–20.
370 <http://doi.org/10.1080/21548455.2013.803632>
- 371 Cohen, J. (1960). A coefficient for agreement for nominal scales. *Education and*
372 *Psychological Measurement*, 20, 37–46.
- 373 DeYoung, C. G. (2006). Higher-order factors of the Big Five in a multi-informant sample.
374 *Journal of Personality and Social Psychology*, 91(6), 1138–1151.
375 <http://doi.org/10.1037/0022-3514.91.6.1138>
- 376 Dieser, O., & Bogner, F. X. (2015). How does hands-on outdoor learning influence
377 children's environmental perception. *Journal of Environmental Education*,
378 Submitted.

- 379 Digman, J. M. (1997). Higher-order factors of the Big Five. *Journal of Personality and*
380 *Social Psychology*, 73(6), 1246–1256. <http://doi.org/10.1037/0022-3514.91.6.1138>
- 381 Eysenck, H. (1990). Biological Dimensions of Personality. In *Handbook of personality:*
382 *Theory and research* (pp. 244–276).
- 383 Floyd, M. F., & Gramann, J. H. (1993). Effects of acculturation and structural
384 assimilation in resource-based recreation: The case of Mexican Americans. *Journal*
385 *of Leisure Research*, 25(1), 6–21.
- 386 Furnham, A., McManus, C., & Scott, D. (2003). Personality, empathy and attitudes to
387 animal welfare. *Anthrozoos*. <http://doi.org/10.2752/089279303786992260>
- 388 Gosling, S. D., Rentfrow, P. J., & Swann, W. B. (2003). A very brief measure of the Big-
389 Five personality domains. *Journal of Research in Personality*, 37(6), 504–528.
390 [http://doi.org/10.1016/S0092-6566\(03\)00046-1](http://doi.org/10.1016/S0092-6566(03)00046-1)
- 391 John, O. P., Donahue, E. M., & Kentle, R. L. (1991). The big five inventory—versions 4a
392 and 54.
- 393 John, O. P., & Srivastava, S. (1999). The Big Five Trait Taxonomy: History,
394 Measurement, and Theoretical Perspectives. In L. A. Pervin & O. P. John (Eds.),
395 *Handbook of Personality - Theory and Research* (Second Edi, pp. 102–138). New
396 York / London: The Guilford Press.
- 397 Johnson, B., & Manoli, C. (2008). Using Bogner and Wiseman’s Model of Ecological
398 Values to measure the impact of an earth education program on children’s
399 environmental perceptions. *Environmental Education Research*, 14(2), 115–127.
- 400 Johnson, B., & Manoli, C. C. (2010). The 2-MEV Scale in the United States: A Measure
401 of Children’s Environmental Attitudes Based on the Theory of Ecological Attitude.
402 *The Journal of Environmental Education*, 42(2), 84–97.
403 <http://doi.org/10.1080/00958964.2010.503716>
- 404 Kaiser, F. G., Oerke, B., & Bogner, F. X. (2007). Behavior-based environmental attitude:
405 Development of an instrument for adolescents. *Journal of Environmental*
406 *Psychology*, 27(3), 242–251. <http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.06.004>
- 407 Kibbe, A., Bogner, F. X., & Kaiser, F. G. (2014). Exploitative vs. appreciative use of
408 nature - Two interpretations of utilization and their relevance for environmental
409 education. *Studies in Educational Evaluation*, 41, 106–112.
410 <http://doi.org/10.1016/j.stueduc.2013.11.007>
- 411 McCrae, R. R., & Costa, P. T. (1987). Validation of the five-factor model of personality
412 across instruments and observers. *Journal of Personality and Social Psychology*,
413 52(1), 81–90. <http://doi.org/10.1037/0022-3514.52.1.81>

- 414 Milfont, T. L., & Duckitt, J. (2004). The structure of environmental attitudes: A first- and
415 second-order confirmatory factor analysis. *Journal of Environmental Psychology*,
416 24(3), 289–303. <http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.09.001>
- 417 Oerke, B., & Bogner, F. X. (2011). Social Desirability, Environmental Attitudes, and
418 General Ecological Behaviour in Children. *International Journal of Science*
419 *Education*, (February), 1–18. <http://doi.org/10.1080/09500693.2011.566897>
- 420 Rammstedt, B., & John, O. P. (2007). Measuring personality in one minute or less: A 10-
421 item short version of the Big Five Inventory in English and German. *Journal of*
422 *Research in Personality*, 41(1), 203–212. <http://doi.org/10.1016/j.jrp.2006.02.001>
- 423 Randler, C., Baumann, V. P., & Horzum, M. B. (2014). Morningness–eveningness, Big
424 Five and the BIS/BAS inventory. *Personality and Individual Differences*, 66, 64–
425 67. <http://doi.org/10.1016/j.paid.2014.03.010>
- 426 Roccas, S., Sagiv, L., Schwartz, S. H., & Knafo, A. (2002). The big five personality
427 factors and personal values. *Personality & Social Psychology Bulletin*, 28(6), 789–
428 801. <http://doi.org/10.1177/0146167202289008>
- 429 Sheppard, J. A. (1995). The Black-White environmental concern gap: An examination of
430 environmental paradigms. *Journal of Environmental Education*, 26(4), 24–35.
431 <http://doi.org/10.2333/bhmk.33.61>
- 432 Wilkinson, G. N., & Rogers, C. E. (1973). Symbolic description of factorial models for
433 analysis of variance. *Applied Statistics*, 22(3), 392–399.
434 <http://doi.org/10.2307/2346786>
- 435 Wiseman, M., & Bogner, F. X. (2003). A Higher Order Model of Ecological Values and
436 Its Relationship to Personality. *Personality and Individual Differences*, 34(5), 783–
437 794.
- 438 Wiseman, M., Wilson, G., & Bogner, F. X. (2012). Environmental values and
439 authoritarianism. *Psychology Research*, 2(1), 25–31.
- 440 Zuckerman, Ž. M. (1991). *Psychobiology of personality*. Cambridge: Cambridge
441 University Press.

ANHANG

Fragebögen

A Schüler- und Studentenvorstellungen zur Fotosynthese und Holzbildung

Der Fragebogen wurde zur Erhebung von Vorstellungen zur Fotosynthese und Holzbildung für die Befragung von Schülern und Studenten gleichermaßen eingesetzt. Die Vorstellungen wurden nur einmal abgefragt (keine Wiederholungen).

B Schülerfragebogen Intervention

Der Fragebogen beinhaltet Items zum Umweltwissen (n=36, je 12 Items pro Wissensart: Systemwissen, Handlungswissen und Relatives Effektivitätswissen, ad-hoc Items). Die Reihenfolge der Wissensitems sowie deren Antwortmöglichkeiten wurden für jeden Testzeitpunkt zufällig berechnet. Zusätzlich zu Umweltwissen wurden einmalig im Vortest auch Umwelteinstellungen mittels der Skala Major Environmental Values (2-MEV) und Persönlichkeitsmerkmale mittels der Skala Big Five Inventory-10 (BFI-10) abgefragt.

A Schüler- und Studentenvorstellungen zur Fotosynthese und Holzbildung



Fragebogen zum Umweltbildungsprojekt

„Natur- und Artenschutz im Ökosystem Wald“

Liebe Studentin, lieber Student,
Lieber Schüler, liebe Schülerin,

Datum:

vielen Dank, dass Sie/du an dieser Befragung teilnehmen/teilnimmst!

Dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung und streng vertraulich. Die Daten werden nur zur Durchführung dieser Doktorarbeit verwendet und nicht an Dritte weitergegeben.

- Bearbeiten Sie/Bearbeite den Fragebogen bitte **alleine** und **sorgfältig**.
- Bitte füllen Sie/Fülle den Bogen mit Kugelschreiber oder Füller aus.
- Wenn Sie fertig sind: Kontrollieren Sie bitte, ob Sie alle Seiten ausgefüllt haben!/Wenn du fertig bist: Kontrolliere bitte, ob du alle Seiten ausgefüllt hast!

Vielen Dank im Voraus!

Ihr persönlicher Code:

Ihr persönlicher Code besteht aus:

1. Sind Sie/Bist du **W**eiblich oder **M**ännlich (W oder M)?
2. In welchem **M**onat haben Sie/hast du **G**eburtstag (z.B. 01, 02, 03, ..., 09, 10, 11, 12)?
3. In welchem **J**ahr sind Sie/bist du geboren (z.B. 86, 87, ..., 90, 91, ..., 94, 95 etc.)?
4. Mit welchen **zwei B**uchstaben beginnt der **N**ame ihrer/deiner **M**utter?
5. In welcher **H**ausnummer wohnen Sie/wohnst du (z.B. 001, 034, 63b, 115)?

1. Geschlecht 2. Monat 3. Jahr 4. Mutter 5. Hausnummer

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Bsp.: Daniel ist männlich, geboren im August 1992, seine Mutter heißt Sandra und er wohnt in Hausnummer 12.

Daniels Code lautet:

M	O	8	9	2	S	A	O	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Und los geht's!

A.) Einer der ältesten Bäume Bayerns ist eine Eiche. Sie ist 500 Jahre alt und 18m hoch. Zählen Sie/Zähle auf, was der Baum Ihrer/deiner Meinung nach tagsüber aus seiner Umgebung aufnehmen muss, um so einen Stamm zu bilden?



Diese Eiche ist circa 500 Jahre alt und steht in der bayrischen Rhön.

B.) Erklären Sie/Erkläre mit Hilfe der oben genannten Begriffen, wie genau der Baum Ihrer/deiner Vorstellung nach Holz für seinen Stamm bildet?

Nur bei Studenten abgefragt:

Persönliche Angaben:

Welchen Studiengang haben Sie belegt?

Welche Hauptfächer / Vertiefungen haben Sie gewählt (falls vorhanden)?

In welchem Fachsemester befinden Sie sich im Moment?
Ich befinde mich im ____ . Fachsemester.

Bitte überprüfen Sie/überprüfe, ob Sie/du alle Seiten ausgefüllt haben/hast.

Vielen Dank für Ihre/deine Hilfe!



B Schülerfragebogen Intervention



UNIVERSITÄT
BAYREUTH



Fragebogen zum Umweltbildungsprojekt

„Natur- und Artenschutz im Ökosystem Wald“

Datum:

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

vielen Dank, dass Du an dieser Befragung teilnimmst!

Dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung und streng vertraulich. Er wird **nicht** von Deiner Lehrkraft benotet.

- Bearbeite den Test bitte **alleine** und **sorgfältig**.
- Kreuze die Antwort an, die **Deiner Meinung nach** richtig ist.
- Wenn Du Dich beim Ankreuzen vertan hast, dann male das Kästchen vollständig aus und kreuze ein anderes an.
- Wenn Du fertig bist: Kontrolliere bitte, ob Du alle Seiten ausgefüllt hast!

Dein persönlicher Code:

Dein persönlicher Code besteht aus:

1. Bist du ein **Mädchen** oder ein **Junge** (Weiblich oder Männlich)?
2. In welchem **Monat** hast du **Geburtstag** (z.B. 01, 02, 03, ... , 09, 10, 11, 12)?
3. In welchem **Jahr** hast du **Geburtstag** (z.B. 99, 00, 01, 02, 03, 04)?
4. Mit welchen **zwei Buchstaben** beginnt der **Name deiner Mutter**?
5. Welche **Hausnummer** habt ihr (z.B. 001, 034, 115)?

1. Geschlecht 2. Monat 3. Jahr 4. Mutter 5. Hausnummer

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--






Bsp.: Daniel ist männlich, geboren im August 2002, seine Mutter heißt Sandra und sie wohnt in Hausnummer 12.

Daniels Code lautet:






M	0	8	0	2	S	A	0	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

* Genehmigt vom Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst am 23.10.2013 unter II.7-5 O 5106/92/7 ¹

A.) Bitte bewerte die folgenden Aussagen, indem du im entsprechenden Kästchen ein Kreuz setzt.

	Folgende Aussage finde ich →	 völlig richtig	 ziemlich richtig	 unentschieden	 ziemlich falsch	 völlig falsch
1	Es macht mich traurig, wenn Naturlandschaften bebaut werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ich spare Wasser indem ich dusche anstelle zu baden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Die Menschen werden aussterben, wenn sie nicht bald in Einklang mit der Natur leben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Ich schalte immer das Licht aus, wenn ich es nicht mehr brauche.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Schmutziger Rauch aus Fabrikkaminen macht mich wütend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Es ist interessant zu wissen, welche Kreaturen in Teichen und Flüssen leben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Man braucht kein Land für den Natur- und Artenschutz vorsehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Unsere Gesellschaft wird weiterhin auch die größten Umweltprobleme lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Die stille Natur draußen macht mich ängstlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Am Rand eines Weihers zu sitzen und Libellen zu beobachten ist langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Unser Planet hat unbegrenzte Ressourcen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Die Natur ist immer in der Lage, sich selbst wieder herzustellen/ zu erholen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Wir müssen Wälder roden, damit Getreide angebaut werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Wir müssen mehr Straßen bauen, damit die Leute aufs Land fahren können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Die Menschen machen sich zu viel Sorgen über die Umweltverschmutzung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Unkräuter sind genauso wichtig wie hübsche Blumen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Sorgen um die Umwelt halten oft Entwicklungsprojekte auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Menschen haben nicht das Recht, die Natur zu ändern, wie sie es für richtig halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Menschen sind nicht wichtiger als andere Lebewesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Nicht nur Pflanzen und Tiere von wirtschaftlicher Bedeutung sollten geschützt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.) Inwieweit treffen folgende Aussagen auf dich zu?

Ich...	 völlig richtig	 ziemlich richtig	 unentschieden	 ziemlich falsch	 völlig falsch
...bin eher zurückhaltend, reserviert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...schenke anderen leicht Vertrauen, glaube an das Gute im Menschen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...bin bequem, neige zur Faulheit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...bin entspannt, lasse mich durch Stress nicht aus der Ruhe bringen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...habe nur wenig künstlerisches Interesse.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...gehe aus mir heraus, bin gesellig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...neige dazu, andere zu kritisieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...erledige Aufgaben gründlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...werde leicht nervös und unsicher.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...habe eine aktive Vorstellungskraft, bin phantasievoll.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

C.) Beantworte die folgenden Fragen. Nur eine Antwort ist richtig!

Bei Totholz unterscheidet man zwischen...?

- stehendem und liegendem Totholz.
- Laubbaumtotholz und Nadelbaumtotholz.
- trockenem und nassem Totholz.
- Belebtem und unbelebtem Totholz.

Die meisten Bodenlebewesen kommen in folgendem Boden vor:

- Wiesenboden
- Waldboden
- Ackerboden
- Gartenboden

Wieviel Tonnen (t) CO₂ darf jeder Mensch höchstens produzieren, damit wir nachhaltig leben können?

- 5t
- 2t
- 10t
- 7t

Das Alter eines Baumes erkenn man an ...?

- der Anzahl der Blätter.
- den Jahresringen.
- der Dicke der Rinde.
- der Höhe des Baumes.

Wenn ich meinen CO₂ Fußabdruck verringern möchte, dann...

- schalte ich meine elektrischen Geräte mit der Fernbedienung aus.
- schalte ich meine elektrischen Geräte gar nicht aus.
- schalte ich meine Geräte mit einer Steckerleiste mit Kippschalter aus.
- Schalte ich das Gerät so aus, dass nichts mehr leuchtet.

Du solltest dem Förster raten alte oder tote Bäume im Wald zu lassen, weil Fledermäuse deren Baumhöhlen als...

- Nachtquartier nutzen.
- Wochenstube nutzen.
- Jahresquartier nutzen.
- Monatsstube nutzen.

Wenn du deinen CO₂ Ausstoß möglichst niedrig halten willst, dann...

- fahre ich mit dem Bus.
- fahre ich mit Fahrgemeinschaften.
- lasse ich mich mit dem Auto fahren.
- laufe ich zu Fuß.

Was kann man aus den Jahresringen von Bäumen ablesen?

- Wie das Klima früher war.
- Wie das Wetter in diesem Jahr wird.
- Wie das Klima in der Zukunft wird.
- Man kann aus dem Muster nichts lesen.

Wie viel Sauerstoff kann eine alte Eiche pro Tag im Schnitt herstellen?

- So viel wie 5 Menschen in einem Jahr brauchen.
- So viel wie 1 Mensch in einem Jahr braucht.
- So viel wie 100 Menschen in einem Jahr brauchen.
- So viel wie 10 Menschen in einem Jahr brauchen.

Wenn ich im Winter einen Stollen oder eine Höhle entdecke, dann ...?

- gehe ich rein, um zu sehen, ob dort Tiere leben.
- gehe ich nicht rein, um keine Tiere zu stören.
- gehe ich rein, aber verhalte mich sehr ruhig.
- gehe ich rein, denn sie ist vermutlich leer.

Beantworte die folgenden Fragen. Nur eine Antwort ist richtig!

<p>Damit der Schwarzspecht auch in Zukunft in unseren Wäldern heimisch ist, ist es am sinnvollsten...</p> <p><input type="checkbox"/> junge Wälder zu schützen.</p> <p><input type="checkbox"/> Wirtschaftswälder zu schützen.</p> <p><input type="checkbox"/> Mischwälder mit Totholz schützen.</p> <p><input type="checkbox"/> Nadelwälder mit Totholz schützen.</p>	<p>Welche Auswirkungen hat es, wenn du Müll im Wald liegen lässt?</p> <p><input type="checkbox"/> Wildtiere können sich daran verletzen oder sterben.</p> <p><input type="checkbox"/> Das hat keine Auswirkungen.</p> <p><input type="checkbox"/> Die Bodenlebewesen zersetzen den Müll.</p> <p><input type="checkbox"/> Das trägt nicht zur Umweltverschmutzung bei.</p>
<p>Glas und Plastik werden in der Natur etwa gleich schnell abgebaut. Wie lange dauert das?</p> <p><input type="checkbox"/> Das dauert circa 10 Jahre.</p> <p><input type="checkbox"/> Das dauert 1000 Jahre.</p> <p><input type="checkbox"/> Es wird sehr schnell in einem Jahr abgebaut.</p> <p><input type="checkbox"/> Es wird nie abgebaut, sondern zerfällt nur in kleine Teile.</p>	<p>Durch die Abholzung von Wäldern wird jedes Jahr</p> <p><input type="checkbox"/> nur ganz wenig CO₂ frei.</p> <p><input type="checkbox"/> nur soviel CO₂ frei, wie durch Bäume wieder aufgenommen werden kann.</p> <p><input type="checkbox"/> sehr viel CO₂ frei.</p> <p><input type="checkbox"/> gar kein CO₂ frei.</p>
<p>Wovon hängt die Dicke eines Jahresringes ab?</p> <p><input type="checkbox"/> Von Standort, Temperatur und Nährstoffen.</p> <p><input type="checkbox"/> Von Standort und Temperatur.</p> <p><input type="checkbox"/> Nur von der Temperatur.</p> <p><input type="checkbox"/> Von Temperatur und Nährstoffen.</p>	<p>Wälder speichern eine große Menge an...?</p> <p><input type="checkbox"/> Sauerstoff (O₂)</p> <p><input type="checkbox"/> Kohlenstoffdioxid (CO₂)</p> <p><input type="checkbox"/> Methan (CH₄)</p> <p><input type="checkbox"/> Stickstoff (N₂)</p>
<p>Totholz sollte im Wald gelassen werden, weil...</p> <p><input type="checkbox"/> dadurch Mineralsalze an den Boden zurückgegeben werden.</p> <p><input type="checkbox"/> dadurch Wasser gespeichert wird.</p> <p><input type="checkbox"/> dadurch Salz gespeichert wird.</p> <p><input type="checkbox"/> dadurch Wasser an den Boden zurückgegeben wird.</p>	<p>Du solltest keine Kaugummis in die Natur spucken, weil... ?</p> <p><input type="checkbox"/> sie nie natürlich abgebaut werden können.</p> <p><input type="checkbox"/> Vögel sie fressen und daran sterben.</p> <p><input type="checkbox"/> sie erst nach 50 Jahren abgebaut werden.</p> <p><input type="checkbox"/> Mäuse sie nutzen um ihre Nester zu Polstern.</p>
<p>Aus welchem Grund ist es sinnvoll Tierarten zu schützen?</p> <p><input type="checkbox"/> Damit sie nicht unwiederbringlich aussterben.</p> <p><input type="checkbox"/> Damit man sie weiter beobachten kann.</p> <p><input type="checkbox"/> Damit man sie jagen kann.</p> <p><input type="checkbox"/> Aus keinem bestimmten Grund.</p>	<p>Wie sollte man in einem Wald spazieren gehen?</p> <p><input type="checkbox"/> Kreuz und quer durch den Wald.</p> <p><input type="checkbox"/> Auf den ausgeschilderten Waldwegen.</p> <p><input type="checkbox"/> Auf den Trampelpfaden, die jeder benutzt.</p> <p><input type="checkbox"/> Durch das Unterholz, um viele Tiere zu sehen.</p>

Beantworte die folgenden Fragen. Nur eine Antwort ist richtig!

Im Wald verhalte ich mich möglichst ...?	
<input type="checkbox"/>	leise, um keine Tiere zu stören.
<input type="checkbox"/>	auffällig, um allen Tieren die Möglichkeit zur Flucht zu geben.
<input type="checkbox"/>	laut, um die Tiere vorzuwarnen.
<input type="checkbox"/>	Normal, wie wenn ich durch die Stadt laufe.

Damit die Mopsfledermaus aktuell in deutschen Wäldern bleibt, sollte man...?	
<input type="checkbox"/>	alte Stollen schließen.
<input type="checkbox"/>	Baumhöhlen erhalten.
<input type="checkbox"/>	Totholz aus dem Wald entfernen.
<input type="checkbox"/>	Bäume pflanzen.

Um dem Habichtskauz die Möglichkeit zum Brüten zu geben sollte man....?	
<input type="checkbox"/>	stehendes Totholz im Wald lassen.
<input type="checkbox"/>	den Wald sperren.
<input type="checkbox"/>	Nistmöglichkeiten unter Nadelbäumen bereitstellen.
<input type="checkbox"/>	liegendes Totholz beseitigen.

Was schützt den Feuersalamander?	
<input type="checkbox"/>	Totholz im Wald.
<input type="checkbox"/>	Kein Totholz im Wald.
<input type="checkbox"/>	Lichtungen im Wald.
<input type="checkbox"/>	Ein See im Wald.

Um die Menge an Kohlenstoffdioxid (CO ₂) wirkungsvoll in der Luft zu verringern würde es helfen, wenn man..?	
<input type="checkbox"/>	weniger Bäume pflanzt.
<input type="checkbox"/>	nichts tut.
<input type="checkbox"/>	mehr Bäume pflanzt.
<input type="checkbox"/>	mehr Landwirtschaft betreibt.

Um den Feuersalamander auch in Zukunft noch im Wald anzutreffen solltest du helfen...	
<input type="checkbox"/>	Sumpfwiesen zu schützen.
<input type="checkbox"/>	Laubwälder zu schützen.
<input type="checkbox"/>	Wälder mit Totholz zu schützen.
<input type="checkbox"/>	Trockenwälder zu schützen.

Wie viele Bäume musst du pflanzen, um den Kohlenstoffdioxid Ausstoß auszugleichen, wenn du mit dem Auto nach Italien (Rom) in den Urlaub fährst?	
<input type="checkbox"/>	3 Bäume
<input type="checkbox"/>	12 Bäume
<input type="checkbox"/>	36 Bäume
<input type="checkbox"/>	53 Bäume

Wie viel Totholz sollte sinnvollerweise in einem Laubwald sein, damit er möglichst viele Arten beherbergt?	
<input type="checkbox"/>	10% Totholz
<input type="checkbox"/>	1% Totholz
<input type="checkbox"/>	50% Totholz
<input type="checkbox"/>	75% Totholz

Wofür sorgt der Wachstumsring eines Baumes?	
<input type="checkbox"/>	Für das Wachstum in die Breite
<input type="checkbox"/>	Für das Wachstum in die Höhe
<input type="checkbox"/>	Für das Wachstum der Blätter
<input type="checkbox"/>	Für das Wachstum der Wurzel

Woraus besteht der Jahresring von Bäumen?	
<input type="checkbox"/>	Aus Frühholz und Spätholz
<input type="checkbox"/>	Aus Sommerholz und Winterholz
<input type="checkbox"/>	Aus Frühjahrsholz und Herbstholz
<input type="checkbox"/>	Aus neuem Holz und altem Holz

Beantworte die folgenden Fragen. Nur eine Antwort ist richtig!

Im natürlichen Kreislauf des Waldes spielen die Bodenlebewesen eine wichtige Rolle, weil sie...?

- abgestorbenes Tier- und Pflanzenmaterial zersetzen.
- das Wasser im Boden halten.
- Wärme speichern.
- Kohlenstoff in Nährstoffe umwandeln.

In seinen Blättern kann ein Baum...

- Kohlenstoffdioxid (CO₂) in Sauerstoff (O₂) umwandeln
- Sauerstoff (O₂) in Kohlenstoffdioxid (CO₂) umwandeln
- Kohlenstoffdioxid (CO₂) in Methan umwandeln
- Stickstoff (N₂) in Sauerstoff (O₂) umwandeln

Wenn alle Menschen auf der Welt soviel CO₂ verbrauchen würden wie wir in Deutschland, dann bräuchten wir ungefähr:

- Ungefähr 3 Erden.
- Nur 1 Erde.
- Fast 5 Erden.
- Ganze 7 Erden.

Für den schnellen Transport von Nährstoffen und Wasser bildet jeder Baum im Frühjahr ...?

- Spätholz
- Frühjahrsholz
- Frühholz
- Sommerholz

Wenn eine Tierart in Deutschland gefährdet ist, dann wird sie zum besseren Schutz auf die... ?

- Rote Liste geschrieben.
- Blaue Liste geschrieben.
- Grüne Liste geschrieben.
- Gelbe Liste geschrieben.

Wie oft baut der **Schwarzspecht** eine neue Bruthöhle?

- Jedes Jahr
- Alle 10 Jahre
- Er baut nur einmal im Leben eine Bruthöhle
- Alle 3 - 4 Jahre

Wie groß war deine geistige Anstrengung beim Ausfüllen dieses Fragebogens?
Kreuze die entsprechende Zahl von 1-9 an.

sehr viel leichter genauso wie im normalen Biologieunterricht sehr viel schwerer

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Bitte überprüfe, ob du alle Seiten ausgefüllt hast!

Vielen Dank für deine Hilfe!



(Eidesstattliche) Versicherungen und Erklärungen

(§ 5 Nr. 4 PromO)

Hiermit erkläre ich, dass keine Tatsachen vorliegen, die mich nach den gesetzlichen Bestimmungen über die Führung akademischer Grade zur Führung eines Doktorgrades unwürdig erscheinen lassen.

(§ 8 S. 2 Nr. 5 PromO)

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass die elektronische Fassung meiner Dissertation unter Wahrung meiner Urheberrechte und des Datenschutzes einer gesonderten Überprüfung hinsichtlich der eigenständigen Anfertigung der Dissertation unterzogen werden kann.

(§ 8 S. 2 Nr. 7 PromO)

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass ich die Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

(§ 8 S. 2 Nr. 8 PromO)

Ich habe die Dissertation nicht bereits zur Erlangung eines akademischen Grades anderweitig eingereicht und habe auch nicht bereits diese oder eine gleichartige Doktorprüfung endgültig nicht bestanden.

(§ 8 S. 2 Nr. 9 PromO)

Hiermit erkläre ich, dass ich keine Hilfe von gewerbliche Promotionsberatern bzw. -vermittlern in Anspruch genommen habe und auch künftig nicht nehmen werde.

Bayreuth, den _____

Datum

Unterschrift

Danksagung

Mein erster Dank gilt Prof. Dr. F. X. Bogner für die Gelegenheit an seinem Lehrstuhl im Forschungsfeld „Umweltbildung“ zu promovieren. Zudem möchte ich mich für die Möglichkeit und Unterstützung des selbstständigen wissenschaftlichen Arbeitens bedanken. Die Verantwortung bei der Durchführung und der Mitarbeit von Lehrveranstaltungen sowie die Arbeit im EU-Projekt Open Discovery Space (ODS) waren sehr lehrreich und haben mich vor allem in meiner persönlichen Entwicklung weitergebracht.

Ein weiterer Dank gilt Frau S. Hübner für die gute Zusammenarbeit in der Lehre und dafür dass es für fast jedes Problem eine Lösung und immer den passenden Schlüssel gab. Weiterhin möchte ich Herrn Dr. F. J. Scharfenberg für die statistische Diskussion bei der Auswertung der qualitativen Daten danken.

Ein weiterer Dank geht an Frau A. Musiol von der Umweltstation Weismain im Landkreis Lichtenfels. Darüber hinaus möchte ich mich bei allen Lehrkräften sowie Schülerinnen und Schülern für die Teilnahme an dieser Interventionsstudie und der Befragung bedanken. Vielen Dank für die stets freundliche und immer hilfsbereite Zusammenarbeit.

Danke auch an die beiden Sekretärinnen, die bei vielen organisatorischen Fragen immer hilfreich zur Seite standen und einen Großteil der organisatorischen Notwendigkeiten abgefangen haben.

Außerdem möchte ich mich bei all meinen Kolleginnen, die mich während meiner Promotionszeit begleitet haben für die unzähligen und hilfreichen Diskussionen und Unterhaltungen bedanken. Mein besonderer Dank gilt dabei Olivia Dieser, Kerstin Bissinger, Jessica Langheinrich und Michaela Marth, die ich allesamt als sehr gute Freundinnen ins Herz geschlossen habe.

Besonders möchte ich mich bei meiner Familie, meinem Mann und meinen engsten Freunden bedanken, die mir stets den Rücken stärkten und alle Höhen und Tiefen vor und während der Promotionszeit mit mir gemeistert haben. Ein ganz besonderer Dank gilt dabei meinem Mann, Simon Thorn, der stets an meiner Seite war und in statistischen Fragen immer die richtige Antwort wusste.

Herzlichen Dank an alle, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.