

Universität Bayreuth
Lehrstuhl Didaktik der Biologie

Forschend-entdeckendes Lernen zum Thema Trinkwasser am
außerschulischen Lernort

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades

--- Dr. rer. nat. ---

der Fakultät Biologie, Chemie und Geowissenschaften
an der Universität Bayreuth

vorgelegt von:
M. Ed. Christian Fremerey

- 2014 -

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von November 2011 bis September 2014 in Bayreuth am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie unter Betreuung von Herrn Professor Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth genehmigten Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.).

Dissertation eingereicht am: 09.09.2014

Zulassung durch die Promotionskommission: 17.09.2014

Wissenschaftliches Kolloquium: 25.11.2014

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Rhett Kempe

Prüfungsausschuss:

Prof. Dr. Franz Xaver Bogner (Erstgutachter)

Prof. Dr. Ludwig Haag (Zweitgutachter)

Prof. Dr. Konrad Dettner (Vorsitz)

Prof. Dr. Stefan Peiffer

Inhaltsverzeichnis

1. SUMMARY	5
2. ZUSAMMENFASSUNG.....	7
3. AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG	9
3.1. Einleitung	9
3.2. Theoretischer Hintergrund.....	10
3.2.1. Schülervorstellungen	10
3.2.2. Interventionsdauer und -aufbau	11
3.2.3. Umwelteinstellungen.....	12
3.2.4. Umweltwissen.....	13
3.3. Ziele und Fragestellung der Arbeit	14
3.4. Methodik	16
3.4.1. Studiendesign und Teilnehmer	16
3.4.2. Datenerhebung und Auswertung	17
3.4.3. Unterrichtsmodule.....	20
3.4.3.1. Außerschulischer Lernort Wasserwerk	20
3.4.3.2. Lernzirkel „Trinkwasser“	23
3.5. Ergebnisse und Diskussion	29
3.6. Schlussfolgerung und Ausblick.....	34
4. LITERATURVERZEICHNIS DER ZUSAMMENFASSUNG	37
5. TEILARBEITEN.....	43
5.1. Publikationsliste	43
5.2. Darstellung des Eigenanteils	44
5.3. Teilarbeit A.....	45
5.4. Teilarbeit B.....	58
5.5. Teilarbeit C.....	76
ANHANG.....	93
DANKSAGUNG.....	115
(EIDESSTATTLICHE) VERSICHERUNGEN UND ERKLÄRUNGEN.....	117

1. SUMMARY

Drinking water is our most important resource. A high level of awareness of this resource is therefore necessary. Clean drinking water usually receives little attention (Pereira & Pestana, 1991), although nowadays it is often exposed to environmental threats. Consequently, educational efforts often follow the goal of protecting nature in general (Potter, 2009); besides other aspects, an appropriate transfer of knowledge is regarded as an appropriate approach to achieving this goal. Within this context, teaching of scientifically correct concepts is a fundamental pre-requisite. Many people have naïve (or correctly labelled: alternative) conceptions of environmental issues. These alternative conceptions are often reasons for an inconsistent information uptake and complicated communication (e.g., Shaw et al., 2008; Niebert & Gropengießer, 2011; Sellmann & Bogner, 2012). Consequently, an integration of everyday experiences into environmental learning programmes should be an education objective. For the issue of drinking water, such an integration is regarded achievable, for example, by a guided factory (or outreach) tour (Kaibel et al., 2006). Another goal of environmental education is intervening with individual environmental attitudes or in a long-term view even promoting ecological behaviour. Frick et al. (2004) postulated three distinct types of knowledge that influence environmental behaviour: system knowledge, action-related knowledge and effectiveness knowledge. An integration of the three dimensions of knowledge in a single learning programme promises positive effects for environmental education (Liefländer et al., 2014).

Conceptions about drinking water are under-researched and, thus, play still a small role in teaching. Identification of alternative conceptions can help to provide teaching contents in a pupil-oriented and age-appropriate manner. Most environmental projects are long-term interventions, but due to tight school-schedules these programmes are not easy to integrate into day-to-day school life. Therefore, background intentions for our learning programmes are the following: short duration, student-centred, authentic learning environments, primary experiences, skills promotion and simplicity of implementation.

My dissertation contains three sub-studies: First, identification of alternative conceptions related to drinking water with two-fold aims: On the one hand, to determine the current state of knowledge and, on the other, to react to scientifically incorrect concepts (sub-study A). Second, an education programme within a factory tour was monitored regarding the acquired knowledge level and the relationship between individual environmental attitudes and learning success (sub-study B). In a third study, a learning programme was applied to promote a consistent cognitive knowledge increase in the three types of environmental knowledge (sub-study C). Alternative conceptions of sub-study A were integrated into the educational programme of sub-study C, due to the positive effects on knowledge increase, which other

SUMMARY

studies have examined (Vosniadou & Brewer, 1992; Lee et al., 2003; Sellmann & Bogner, 2012; Franke & Bogner, 2013).

Sub-study A describes alternative conceptions of 10th graders and undergraduates. The conceptions are similar in both groups, but occur with different frequencies. Transfer of knowledge, as a major goal of sub-study B, is successful within the short-term programme. It is interesting that individual attitudes to the programme affect knowledge increase: Previous studies (Fraser et al., 1987; Randler & Bogner, 2007) show similar results, e.g. a positive relationship between motivation and learning success.

The second programme results (sub-study C) are encouraging as well: Within an intervention using learning at workstations in an authentic and student-centred learning environment, a high long-term knowledge level in all three types of environmental knowledge was established. Especially in effectiveness knowledge, participants show a significant knowledge increase. Additionally, an increase in knowledge convergence has been achieved, by testing correlations of all three types of knowledge between all three test-times.

All outreach programmes integrated basic or detailed knowledge about the subject of drinking water. They allow a sensitisation of awareness to our most important resource. The use of all learning units in (classroom) teaching is very variable. They can be used either as an introduction, or to deepen knowledge. Due to the (short) duration, they fit in with the tight school schedules. A mediation of special environmental knowledge is possible by the modules developed. This knowledge is shown to directly relate to general ecological behaviour (Kaiser et al., 2008). Student-centred and authentic learning environments seem to provide the knowledge increase and, with different teaching methods, they offer promising opportunities for successful learning.

2. ZUSAMMENFASSUNG

Trinkwasser ist unser wichtigstes Lebensmittel. Die Sensibilisierung des Bewusstseins für diese Ressource wird angesichts unseres gewaltigen Bevölkerungsdruckes immer entscheidender. Sauberes Trinkwasser wird meistens zu wenig geachtet (vgl. Pereira & Pestana, 1991), obwohl es durch aktuelle Umweltproblematiken immer wieder bedroht wird. Moderne Unterrichtsansätze müssen daher in diesem Kontext den konsequenten Schutz der Natur als Ziel haben (Potter, 2009); dies kann durch geeignete Vermittlung von Wissen, bis hin zum Aufzeigen konkreter individueller Lösungsansätze geschehen. Dabei ist die Lehre von wissenschaftlich korrekten Konzepten wichtig, denn gerade bei Umweltthemen besitzen viele Menschen naive (oder fachlich korrekt ausgedrückt: alternative) Vorstellungen, die oft durch widersprüchliche Informationen entstehen und eine Kommunikation oder ein Handeln erschweren (Shaw et al., 2008; Niebert & Gropengießer, 2011; Sellmann & Bogner, 2012). Die Integration von Alltagserfahrungen in Umwelterziehungsansätze sollte daher immer ein zwingendes Unterrichtsziel sein. Beim Thema Trinkwasser wäre dies zum Beispiel durch eine geführte Werkstour gut zu realisieren (Kaibel et al., 2006). Ein weiteres Ziel ist die Veränderung individueller Umwelteinstellungen oder gar die Förderung ökologischen Verhaltens. Bezüglich des nötigen Wissens postulierten Frick und Kollegen (2004) drei distinkte Wissensarten, die ökologisches Verhalten beeinflussen können: Systemwissen, Handlungswissen und Effektivitätswissen. Eine Integration dieser drei Wissensarten in eine Lerneinheit verspricht positive Effekte für die Umweltbildung (Liefländer et al., 2014).

Die Vorstellungen zum Thema Trinkwasser sind bisher nur wenig untersucht und haben leider eine geringe Bedeutung bei der Vermittlung von Lerninhalten. Eine Identifizierung von alternativen Vorstellungen kann helfen, den Lehrstoff schüler- und alltagsgerecht zu vermitteln. Die meisten Umweltprojekte sind mehrtägige Veranstaltungen, lassen sich aber wegen der eng gesteckten Lehrpläne oft nicht leicht in den Schulalltag integrieren. Die Anforderungen an die neu entwickelten Lernprogramme sind daher: eine kurze Dauer, schülerzentriertes Arbeiten, eine authentische Lernumgebungen, Primärerfahrungen zu ermöglichen, Förderung der Kompetenzen und eine einfache Durchführbarkeit.

Meine Promotionsarbeit integriert drei Teilstudien: Erstens sind alternative Vorstellungen zum Thema Trinkwasser erhoben worden, um einerseits den aktuellen Wissensstand zu ermitteln und andererseits auf wissenschaftlich nicht korrekte Konzepte zu reagieren (Teilstudie A). Zweitens ist eine Unterrichtseinheit innerhalb einer Werksführung untersucht worden, inwieweit sich ein Wissenszuwachs einstellt und dieser durch individuelle Umwelteinstellungen beeinflusst wird (Teilstudie B). Drittens ist in einer weiteren Unterrichtseinheit auf eine konsequente kognitive Wissensvermittlung unter dem Dach der drei Umweltwissensarten geachtet worden (Teilarbeit C). Aufgrund der positiven

ZUSAMMENFASSUNG

Wissenszuwachs-Effekte aus der Literatur (Vosniadou & Brewer, 1992; Lee et al., 2003; Sellmann & Bogner, 2012; Franke & Bogner, 2013) sind die ermittelten alternativen Vorstellungen aus Teilstudie A in das Unterrichtsprogramm der Teilstudie C integriert worden.

Teilarbeit A zeigt das Vorhandensein von alternativen Vorstellungen bei Schülern und Schülerinnen¹ der 10ten Jahrgangsstufe, sowie Studenten und Studentinnen des zweiten Semesters. Die Vorstellungen ähneln sich, treten aber mit unterschiedlichen Häufigkeiten in den beiden Gruppen auf. Die Wissensvermittlung als ein Hauptziel der Teilarbeit B, ist durch die Kurz-Tag-Lerneinheit erfolgreich gewesen. Es ist interessant, dass persönliche Einschätzungen über das Unterrichtsprogramm den Wissenszuwachs beeinflussen: Frühere Studien (Fraser et al., 1987; Randler & Bogner, 2007) zeigen ähnliche Ergebnisse, z.B. einen positiven Zusammenhang zwischen Motivation und Lernerfolg.

Die Ergebnisse der zweiten Unterrichtseinheit (Teilstudie C) sind auch sehr vielversprechend: Innerhalb eines schülerzentrierten Lernens an Stationen in einer authentischen Lernumgebung kann das Wissensniveau in den drei Umweltwissensarten langfristig erhöht werden. Vor allem in der Dimension des Effektivitätswissens verzeichnen die Teilnehmer einen deutlichen Zuwachs. Gleichzeitig kann eine Zunahme der Vernetzung bzw. der Wissenskonvergenz durch gesteigerte Korrelationen zwischen den drei Arten erreicht werden.

Die entwickelten Unterrichtseinheiten integrieren Grundlagen- und/ oder Detailwissen über das Thema Trinkwasser und ermöglichen eine Sensibilisierung des Bewusstseins für unser wichtigstes Lebensmittel. Der Einsatz im Unterricht ist variabel, da sie entweder als Einstieg, oder zur Vertiefung genutzt werden können. Aufgrund der (kurzen) Dauer sind die Lerneinheiten sehr an der Schulpraxis orientiert. Eine Vermittlung von speziellem Umweltwissen ist durch die entwickelten Module möglich, wobei dieses Wissen in direktem Bezug zum ökologischen Bewusstsein steht (Kaiser et al., 2008). Schülerzentrierte und authentische Lernumgebungen scheinen den Wissenszuwachs zu fördern und mit den unterschiedlichen Lehrmethoden bieten die Unterrichtsmaßnahmen verschiedene Möglichkeiten für ein erfolgreiches Lernen.

¹ Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der Einfachheit halber für Schülerinnen und Schüler, Lehrer und Lehrerinnen sowie für Studentinnen und Studenten nur die maskuline Form verwendet, gemeint ist hier selbstverständlich immer auch die feminine Form.

3. AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

3.1. Einleitung

Sauberes Trinkwasser ist unser wichtigstes Lebensmittel. Aus diesem Grund schützen es detaillierte Vorschriften und Verordnungen vor Verunreinigungen, zum einen innerhalb der Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft und zum anderen in der für Deutschland speziell geltenden Trinkwasserverordnung (BBGU, 2011; Grummt, 2007). Einerseits ermöglichen diese Vorgaben die sehr gute Qualität (Bartel et al., 2010; BBGU, 2011) des Trinkwassers und den bedenkenlosen lebenslangen Konsum dieses Produktes. Andererseits ist vor allem die Rohwasserqualität in Flüssen, Bächen, Seen und im Grundwasser für die Qualität des Trinkwassers wichtig. Aktuell wird im landesweiten Durchschnitt 73,8% Grundwasser, 14,5% Oberflächenwasser und 11,7% Uferfiltrat und angereichertes Grundwasser (BBGU, 2011) zur Trinkwasserproduktion verwendet. Gerade im Bereich der Rohwasserqualität kam es in den letzten Jahrzehnten zu deutlichen Fortschritten innerhalb Deutschlands. Häufig ist das Rohwasser schon so gut, dass nur wenige Aufreinigungsschritte für die Herstellung von Trinkwasser nötig sind: zum Beispiel Sand- oder Mikrofiltration, Reinigung durch Aktivkohle, Desinfektion mit Ozon oder UV-Licht. Dies sind neben der Regulierung der Wasserhärte die gängigsten Aufreinigungsschritte die in den meisten Wasserwerken Anwendung finden. Für weite Leitungsnetzstrecken wird dem Wasser je nach Bedarf eine geringe Menge an Chlor zugesetzt. Damit garantieren die Wasserwerke eine hohe Trinkwasserqualität bis zum Hausanschluss.

Wir benötigen die Ressource Wasser aber nicht nur zum Trinken, Kochen, zur Körperpflege oder zum Reinigen, sondern auch für die Herstellung vieler Produkte unseres alltäglichen Lebens. Wasser wird in der Landwirtschaft zum Wässern und Tränken genauso benötigt, wie in der Industrie als Kühl-, Reinigungs-, Lösungsmittel oder für chemische Prozesse. Die Produktpalette geht dabei von natürlichen Dingen, wie Weizen, Fleisch oder Käse bis hin zu Kleidung, Handys oder Autos.

Die ständige Verfügbarkeit von sauberem und frischem Trinkwasser lässt uns dieses Gut als etwas Selbstverständliches erscheinen. Gerade in Industrieländern, wo Wasser immer direkt und schnell verfügbar ist, wird das Geschenk der Natur von den Menschen immer weniger gewürdigt (vgl. Pereira & Pestana, 1991). Welche Anstrengungen jedoch hinter der ständigen Verfügbarkeit dieses Guts liegen, wissen wenige. Es wird einfach vorausgesetzt. Ein Zitat der Weihnachtsansprache des früheren Bundespräsidenten Horst Köhler im Jahr 2009 deutete auf diesen Zusammenhang: *„Wir horchen staunend auf, wenn eine NASA-Sonde Wasser auf dem Mars entdeckt haben soll, aber wir haben verlernt zu staunen über das Wasser, dass bei uns so selbstverständlich aus dem Hahn fließt, wo doch anderswo die*

Menschen tagein, tagaus viele Kilometer laufen müssen, um an Trinkwasser zu kommen.“

Gerade in diesem Punkt ist eine Sensibilisierung nötig, damit die Ressource Wasser wieder geschätzt wird. Eine gesteigerte Achtung ist auch in unserer heutigen Zeit besonders wichtig. Jeder muss versuchen die Umwelt und somit auch die Ressource Wasser zu schützen, um weiterhin diese Lebensqualität genießen zu können.

Dabei sollten auch die „Verbraucher von morgen“ angesprochen, das heißt über Schulen nötige Informationen vermittelt werden. Das Thema Trinkwasser ist jedoch nur in wenigen Bundesländern Teil des Lehrplans: z.B. gibt es im bayerischen gymnasialen Curriculum nur eine optionale Themenwahl im Fach „Natur und Technik“ der fünften Jahrgangsstufe und im Fach Chemie im Profilbereich der neunten Jahrgangsstufe des Naturwissenschaftlich-technologischen Gymnasiums (Bayerisches Bildungsministerium, 2009). Für höhere Jahrgangsstufen findet man weder genaue Themen in den Lehrplänen noch geeignetes bzw. vielfältiges Lehrmaterial. Vorrangig sind die aktuellen Unterrichtsmaterialien für die Grundschule und Unterstufe konzipiert.

Trinkwasser hat eine hohe Gesellschaftsrelevanz und sollte deshalb einen Platz in der Schule einnehmen. Das Thema lässt sich nicht nur im Klassenzimmer erarbeiten, es bietet sich vielmehr an, das Wasser „live“ zu erleben. Viele Wasserversorger bieten eine Öffentlichkeitsarbeit an und ermöglichen mit Werksführungen am außerschulischen Lernort Wasserwerk die komplexen, vielfältigen Strukturen hinter unserem wichtigsten Lebensmittel aus erster Hand erleben zu können.

3.2. Theoretischer Hintergrund

3.2.1. Schülervorstellungen

In allen Bereichen unseres Lebens fließen Alltagserfahrungen in persönliche Meinungen mit ein. Individuelle Erlebnisse formen unsere Vorstellungen und spiegeln sich in den Erklärungen von z.B. wissenschaftlichen Themen wieder (Taiwo et al., 1999). Diese Erklärungen nennt man in der didaktischen Forschung Schülervorstellungen. Sie können wissenschaftlich korrekt, halb-korrekt oder auch komplett unkorrekt/ falsch sein. In der englischen Fachliteratur findet man viele Fachbegriffe für Schülervorstellungen: *pre-conceptions* (Novak, 1977), *misconceptions* (Helm, 1980), *pseudo-knowledge* (Taiwo et al., 1999), *everyday conceptions* (Lewis & Kattmann, 2004), *alternative conceptions* (Calik & Ayas, 2005). Da die Vorstellungen meistens nicht komplett falsch sind und manchmal auch nur spontane Ideen der Schüler, wird meist der Begriff der alternativen Vorstellung aufgrund seiner Neutralität bevorzugt. Andere Begriffe wie Fehlvorstellung wirken zu negativ, vor allem weil eigene Vorstellungen für Schüler durchaus logisch sind. Dieses Problem tritt in allen

Altersklassen auf (Gomez-Zwiep, 2008), somit auch bei Studenten. Gerade in den Naturwissenschaften haben viele Jugendliche wissenschaftlich nicht korrekte oder belegbare Vorstellungen (Treagust & Duit, 2008), sondern besitzen alternative Vorstellungen zu diversen wissenschaftlichen Phänomenen. Mit diesem „Vorwissen“ kommen die Jugendlichen in die Schule oder Universität. Natürlich kann auch ausnahmsweise der Fall eintreten, dass Schüler keine Vorstellungen über ein Thema haben, dies ist jedoch eher selten (Tanner & Allen, 2005). Viele Forschungsarbeiten konnten alternative Vorstellung zu diversen Themen erfassen, sowie bestätigen, dass diese meist von wissenschaftlich akzeptierten Vorstellungen abweichen (Duit & Treagust, 2003; Modell et al., 2005; Shaw et al., 2008; Niebert & Gropengießer, 2011; Sellmann & Bogner, 2012). Zwei gängige Methoden zur Ermittlung alternativer Vorstellungen sind offene Fragen (Franke et al., 2013) oder „*concept maps*“ (eine Erweiterung der „*mind map*“) (Sellmann & Bogner, 2012). Für einen Unterrichtserfolg ist die Identifizierung von alternativen Vorstellungen wichtig; ohne deren Kenntnis kann es zu Problemen beim Lernen kommen. Alternative Vorstellungen/ Konzepte sind oft relativ stark „in den Köpfen“ der Personen verankert. Deshalb werden sie eher behalten als wissenschaftlich korrekte Konzepte, auch wenn diese überzeugend gelehrt werden. Eine recht verbreitete Vorgehensweise gegen dieses Dilemma ist das Ansprechen alternativer Vorstellungen und das altersgerechte Vermitteln wissenschaftlich korrekter Sichtweisen. Durch diese Konfrontation entsteht ein kognitiver Konflikt mit oft positiven Auswirkungen: Einerseits bewirkt das Ansprechen eigener Vorstellungen ein gesteigertes Interesse und Wohlbefinden (Franke & Bogner, 2013), andererseits wirkt sich die Konfrontation positiv auf einen Konzeptwechsel aus (Dreyfus et al., 1990; Lee et al., 2003; Sellmann & Bogner, 2012). Dieser Konzeptwechsel, in der Fachliteratur als „*conceptual change*“ bekannt, ist ein schrittweise und manchmal langsam ablaufender Prozess (Duit & Treagust, 2003; Treagust & Duit, 2008). Als Basis benötigt er den Erwerb von Wissen (Vosniadou & Brewer, 1992), denn ein tieferes Verständnis ist die Grundlage für einen Konzeptwechsel. Vor der Entwicklung eines Lernprogramms sollten die alternative Vorstellungen ermittelt werden und aufgrund ihrer positiven Effekte in die Einheit mit aufgenommen werden (Vosniadou et al., 2001; Sellmann und Bogner, 2012).

3.2.2. Interventionsdauer und -aufbau

Bei der Entwicklung von Interventionen (oder auch Lerneinheiten) muss man sich immer die Frage der Dauer stellen: Eintägige („*short-term*“) oder mehrtägige („*long-term*“) Programme haben ihre Vor- und Nachteile; mehrtägige schaffen es meistens, die individuellen Einstellungen oder das Verhalten der Teilnehmer gegenüber Umweltthemen zu ändern (Bogner, 1998; Liefländer et al., 2014). Jedoch passen mehrtägige Interventionen schlechter

in den zeitlich eng geplanten Schulalltag (Sellmann & Bogner, 2013). Die Lehrkräfte haben im aktuellen G-8-Lehrplan weniger Möglichkeiten, die Schüler länger als einen halben Tag aus der Schule zu nehmen. Deswegen ist die Durchführung eines Kurz-Tag-Programmes wahrscheinlicher.

Bogner (1998, 1999, 2002) zeigte für Kurzzeit- und Langzeit-Lerneinheiten neben anderen Ergebnissen einen signifikanten Wissenszuwachs, der im Schulalltag durchaus als Indikator für den Erfolg der jeweiligen Intervention gesehen wird. Ein solcher Wissenszuwachs kann außerhalb des Klassenzimmers höher ausfallen (Fancovicova & Prokop, 2011). Stein und Kollegen (2004) machten dafür Primärerfahrungen bei einem Lernprogramm verantwortlich, die aus erster Hand und somit selbst erlebbar sind und häufig durch authentische Lernumgebungen ermöglicht werden. Die Authentizität kann zusätzlich einen positiven Effekt auf die Motivation der Teilnehmer haben (Herrington & Oliver, 2000; Scharfenberg & Bogner, 2013). Eine gesteigerte Motivation kann auch unter Umständen bei Interventionen mit kurzer Dauer festgestellt werden (Kossack & Bogner, 2012). Lehrkräfte sollten aufgrund der genannten Forschungsergebnisse auf Lerneinheiten außerhalb der Schule setzen. Gerade für „grüne“ Umweltthemen bieten Lernprogramme außerhalb des Schulgebäudes viele Vorteile und durch die authentischen Erfahrungen kann die individuelle ökologische Einstellung beeinflusst werden (Johnson & Manoli, 2010).

3.2.3. Umwelteinstellungen

Zur Messung des ökologischen Bewusstseins oder eines Umweltbewusstseins fehlte bis Mitte der 1990er Jahre ein etabliertes psychometrisches Messinstrument, nachdem eine Metaanalyse von Leeming und Kollegen (1993) alle bisherigen Messansätze als fehlerhaft einstufen musste. Einen ersten Neuanfang machten Bogner und Wilhelm (1996) mit einem Fragenpool, aus dem eine Reihe von Studien (Bogner & Wiseman, 1999; 2002; 2004; 2006) schließlich einen 20 Item-Fragebogen mit einer zweidimensionalen Struktur, die 2-MEV (*Two-Major Environmental Values*) Skala, ableitete. Die Skala basiert auf zwei übergeordneten Faktoren: die Präferenz, Natur zu schützen (*preservation*) und die Präferenz, Natur auszunutzen (*utilisation/ exploitation*). Die beiden Faktoren sind unabhängig voneinander, das bedeutet, dass ein hoher Wert in dem einen nicht zwangsläufig einen niedrigen in dem anderen Faktor zur Folge haben muss. Das 2-MEV Modell wurde mittlerweile aus verschiedenen Fachperspektiven von mehreren unabhängigen Arbeitsgruppen bestätigt (Milfont & Duckitt, 2004; Johnson & Manoli, 2008; 2010; Boeve-de Pauw & Van Petegem, 2010; 2011; Borchers et al., 2014).

3.2.4. Umweltwissen

Wissen wird allgemein als wichtige Voraussetzung für ökologisches Verhalten angesehen. Frick und Kollegen (2004) sahen daher im kognitiven Verständnis von Umweltproblemen eine profunde Möglichkeit, ökologische Einstellungen zu ändern: Die Vermittlung von Informationen kann den Menschen helfen, die Umwelt zu schützen (Kaiser & Fuhrer, 2003); bevor jemand handelt, muss er oder sie schließlich wissen, was man machen kann. Eine Reihe empirischer Studien beschäftigte sich mit diesem komplexen Thema: Kaiser et al. (2008) und Roczen und Kollegen (2013) formulierten und bestätigten innerhalb eines DFG-Schwerpunktprogramms schließlich drei Dimensionen des Umweltwissens: Systemwissen, Handlungswissen und Wirksamkeitswissen (oder auch Effektivitätswissen). Systemwissen wird als Faktenwissen definiert und beinhaltet Wissen über den Ablauf von natürlichen Prozessen oder Umweltsystemen. Diese Wissensart ist die Basis für die anderen beiden Wissensarten. Frick et al. (2004) bezeichneten das Systemwissen auch als „*knowing what*“. Handlungswissen beinhaltet Wissen über mögliche Handlungsoptionen zu einem gewissen Thema. Diese Handlungsoptionen können für die einzelne Person oder auch für die Gesellschaft wichtig sein. Frick und Kollegen (2004) definierten das Handlungswissen deswegen als „*knowing how*“. Die dritte Dimension ist das Effektivitätswissen, welches dazu dient die verschiedenen Handlungsoptionen auf ihre Effektivität hin einzuschätzen, zu vergleichen und die jeweils beste herauszufinden. Aus diesem Grund ist das Wirksamkeitswissen die komplexeste Wissensart und setzt die anderen beiden Wissensarten voraus. Das Modell von Kaiser und Kollegen (2008) integriert die Beziehungen der drei Umweltwissensarten untereinander und verdeutlicht zusätzlich den Bezug zum ökologischen Verhalten: Durch grundlegende Informationen zu einem Thema können verschiedene Handlungen erlernt oder deren Effektivität abgeschätzt werden (Roczen et al., 2010). Systemwissen alleine hat aber keinen direkten Effekt auf das ökologische Verhalten (Frick et al., 2004), im Gegensatz zum Handlungswissen und Effektivitätswissen. Systemwissen beeinflusst nur indirekt das ökologische Verhalten, sozusagen aufgrund des direkten Bezuges zu den anderen beiden Wissensdimensionen (Frick et al., 2004). Handlungswissen hat darüber hinaus einen direkten Einfluss auf das Effektivitätswissen, da zuerst verschiedene Handlungen erlernt werden müssen, bevor man die Effektivität einzelner vergleichen und abschätzen kann. Durch die Beziehungen zwischen den Wissensarten und dem ökologischen Bewusstsein (Kaiser et al., 2008) ist es von Vorteil, wenn Lerneinheiten die drei Dimensionen des Umweltwissens beinhalten. Durch einen Wissenszuwachs in allen Wissensarten können Grundlagen für das ökologische Verhalten gelegt werden. Die Vermittlung von Umweltwissen in Lernprogrammen ist deshalb ein wichtiges und sinnvolles Ziel.

3.3. Ziele und Fragestellung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit basiert auf drei Teilstudien, die den aktuellen Wissenstand ermitteln, eine schülergerechte Sensibilisierung und das Umweltwissen fördern. Als Hauptthema für alle Teilstudien wurde „Trinkwasser“ gewählt, da es einerseits unser wichtigstes Lebensmittel ist, andererseits jedoch vermehrt als ein allgegenwärtiges und selbstverständliches Produkt angesehen wird. Das Gut „Trinkwasser“ wird in der heutigen Zeit häufig nicht entsprechend geschätzt bzw. geachtet. Welche Anstrengungen oder Probleme hinter der Ressource stecken, wissen in der Regel zu wenige. Die ständige Verfügbarkeit, sobald wir den Wasserhahn öffnen und die hohe Wasserqualität sind zu einem normalen Standard geworden. Unsere heutige Zeit birgt jedoch viele Probleme und Gefahren, auch für die wichtige Ressource Wasser. Die Ziele dieser Arbeit sind die Sensibilisierung aller Teilnehmer, die Ermittlung des aktuellen Wissenstandes und die Erprobung zweier Unterrichtseinheiten auf ihren Erfolg. Basierend auf dem aktuellen Stand der Forschung ergaben sich folgende Fragestellungen bei den Teilarbeiten:

Teilarbeit A – Schüler- und Studentenvorstellungen ermitteln

Die erste Studie befasst sich mit Vorstellungen von Schülern und Studenten zum Thema Trinkwasser. Diese Teilarbeit soll einen ersten Einblick zum aktuellen Wissensstand der Teilnehmer auf diesem Fachgebiet vermitteln. Das Hauptziel ist die Ermittlung von alternativen Vorstellungen bzw. die Bestätigung, dass nicht wissenschaftlich korrekte Konzepte bei den Teilnehmern vorliegen. Die Identifizierung ist ein wichtiges Ziel (Vosniadou et al., 2001), denn die alternativen Vorstellungen können zu Komplikationen in der Lehre führen, vor allem wenn Lehrpersonen deren Existenz nicht akzeptieren. Zudem soll die Studie einen Vergleich zwischen Schülern und Studenten herstellen. Dabei ist nicht die Veränderung der Vorstellungen zwischen den beiden Gruppen das Ziel, da es sich um keine Längsschnittstudie handelt, sondern ob in beiden Gruppen ähnliche Vorstellungen vorhanden sind oder nicht. Die Forschungsfragen lauteten:

- Gibt es alternative Vorstellungen zum Thema Trinkwasser bei älteren Schülern und Studenten?
- Unterscheiden oder gleichen sich die Vorstellungen der älteren Schüler und Studenten?

Teilarbeit B – Beziehung zwischen Wissenszuwachs und Einstellungen

In der zweiten Studie wird der Erfolg einer außerschulischen Intervention anhand des kognitiven Wissenszuwachses ermittelt. Grundlage ist eine zweistündige Werksführung

durch das Wasserwerk der Bodenseewasserversorgung, wodurch die Teilnehmer Einblicke in das Produkt Trinkwasser erhalten. Das Hauptziel ist die Untersuchung, ob durch eine kurze Lerneinheit im Rahmen einer Werksführung der Wissenstand langfristig erhöht werden kann. Die Studie befasst sich zusätzlich mit weiteren Zielen: Zum einen wird untersucht, ob der Wissenszuwachs abhängig von der persönlichen Umwelteinstellung ist. Zum anderen, ob die persönlichen Einschätzungen über Thema und Lernprogramm auch Beziehungen zum Lernerfolg aufweisen. Die Forschungsfragen lauteten:

- Lässt sich durch eine kurze Werksführung ein langfristiger Wissenszuwachs messen?
- Gibt es eine Korrelation zwischen dem kurzfristigen und langfristigen Wissenszuwachs und der persönlichen Umwelteinstellung?
- Bestehen Korrelationen zwischen den Einschätzungen des semantischen Differentials und dem kurzfristigen bzw. langfristigen Lernerfolg?

Teilarbeit C – Die drei Umweltwissensarten ermitteln und fördern

Die dritte Studie befasst sich mit der Vermittlung der drei Umweltwissensarten: Systemwissen, Handlungswissen und Wirksamkeitswissen. Die Wissensarten sollen durch eine außerschulische Unterrichtseinheit gefördert werden. Ein Erfolg der Lerneinheit würde sich im kurzfristigen und vor allem im langfristigen Zuwachs der Wissensarten aller drei Wissensdimensionen zeigen. Eine Überprüfung der Reliabilität und der Schwierigkeit der selbst entwickelten Wissensskala mittels Rasch-Analyse ist die Grundlage der Studie. Zusätzlich sollen die Beziehungen zwischen den Wissensarten über den gesamten Test-Zeitraum untersucht werden. Dabei besteht die Annahme, dass sich die Wissensdimensionen über den Interventionszeitraum stärker miteinander verknüpfen. Die Forschungsfragen lauteten:

- Ist die neue Wissensskala für die drei Wissensarten reliabel und homogen in der Schwierigkeit?
- Erlangen die Teilnehmer durch die Unterrichtseinheit kurzfristig und vor allem langfristig einen höheren Wissenslevel in den drei Wissensarten?
- Kommt es durch die Unterrichtseinheit zu einer stärkeren Vernetzung der drei Wissensarten?
- Wie beeinflussen sich die Wissensarten gegenseitig zwischen dem kurzfristigen und langfristigen Lernerfolg?

3.4. Methodik

3.4.1. Studiendesign und Teilnehmer

Auf Grundlage der Ziele und Fragestellungen wurde für jede Teilarbeit ein eigenes Design entwickelt und für jede vorliegende empirische Studie ein eigener Datensatz an Teilnehmern befragt.

In der **Teilarbeit A** wurden die alternativen Vorstellungen mittels offener Fragen ermittelt. Die Datenaufnahme geschah nur zu einem einzigen Zeitpunkt, da der aktuelle Wissenstand der Teilnehmer festgestellt werden sollte. Die Studie wurde mit Schülern der zehnten Jahrgangsstufe und Studenten des zweiten Fachsemesters mit dem Schwerpunkt Biologie durchgeführt. Die Schüler kamen von acht verschiedenen bayerischen Gymnasien und die Studenten von der Universität Bayreuth. Insgesamt wurden 132 Schüler mit einem Durchschnittsalter von $16,5 \pm 0,63$ (Mittelwert und Standardabweichung) und 125 Studenten mit einem Durchschnittsalter von $21,1 \pm 3,06$ untersucht. Dabei war die Geschlechterverteilung nicht ausgeglichen, denn 35,6% der Schüler und 59,2% der Studenten waren weiblich.

Die **Teilarbeit B** wurde mit Schülern der fünften bis siebten Jahrgangsstufe in einem quasi-experimentellen Design durchgeführt. Die Daten wurden mittels schriftlichen Fragebögen („*paper-and-pencil-test*“) erhoben, die entweder nur einmal an die Teilnehmer ausgeteilt wurden oder mehrmals in einem „*pre-/ post-test*“ Design verwendet wurden. Bei dem letztgenannten Design wurden den Schülern bzw. den Lehrern zwei Wochen vor der Teilnahme an der Intervention die Fragebögen zugeschickt. Diese erste Befragung, auch T0 genannt, fand in der Schule statt und ermittelte die Ausgangssituation bei den Teilnehmern. Direkt im Anschluss an die Unterrichtseinheit kam der Nachtest (T1) im Wasserwerk, um den kurzfristigen Lernerfolg zu messen und ungefähr sechs Wochen nach der Teilnahme ein Behaltenstest (T2), wieder in der Schule, für den langfristigen Erfolg des Programms. Die Fragebögen zu den drei Testzeitpunkten mussten von den Schülern mit einem anonymisierten Code versehen werden. Dieser Code wurde so entwickelt, dass er eine Zuordnung der drei Testzeitpunkte zu einem Schüler ermöglichte. Jede Frage hatte vier Antwortmöglichkeiten, wobei immer nur eine richtig war. Die Positionen der Fragen und deren Antwort wurden in den drei Fragebögen immer zufällig verteilt, um ein Ankreuzen nach Positionen auszuschließen. Die Teilnehmer wurden zufällig ausgewählt, da es Klassen waren, die sowieso die Werksführung gebucht hatten. Die Teilnahme an der empirischen Datenaufnahme war freiwillig und für den Besuch der Unterrichtseinheit nicht verpflichtend. Acht Klassen aus fünf verschiedenen Orten in Baden-Württemberg nahmen an der Unterrichtseinheit im Wasserwerk teil. Insgesamt konnten die Daten von 185 Schülern mit einem Durchschnittsalter von $11,7 \pm 0,85$ verwendet werden. Das Geschlechterverhältnis

war mit 47% Mädchen ausgeglichen. Die Gesamtteilnehmerzahl lag eigentlich über 200, jedoch wurde diese durch fehlende Fragebögen seitens einiger Teilnehmer reduziert; nur eine Teilnahme an allen drei Testzeitpunkten erlaubte die Teilnahme an der Studie. Zwei siebte Klassen mit insgesamt 34 Schülern bildeten eine Kontrollgruppe, die nicht an der Unterrichtseinheit teilnahm. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, eventuelle Lernerfolge aufgrund des dreimaligen Ausfüllens des Fragebogens auszuschließen. Somit lassen sich gefundene Effekte eindeutig auf die Teilnahme an dem Lernprogramm zurückführen.

Die **Teilarbeit C** wurde mit Schülern der neunten bis elften Jahrgangsstufe in einem quasi-experimentellen Design durchgeführt. Die Akquirierung der Teilnehmer war innerhalb dieser Teilarbeit am schwierigsten und dauerte am längsten. Dies lag hauptsächlich an dem Wunsch, ältere Schüler für die Studie zu gewinnen, die jedoch aufgrund des nahenden Abschluss eher weniger Zeit für außerschulische Unterrichtseinheiten haben. Aufgrund der komplexen thematischen Zusammenhänge in dieser Studie wurden aber ganz bewusst ältere Schüler als Zielgruppe ausgewählt. Zusätzlich ergab eine Recherche über die bestehenden Unterrichtsmaterialien, dass für höhere Jahrgangsstufen eher wenig Lehr-/Lernmaterial vorhanden ist. Die Studie basiert auf einem ca. dreieinhalb stündigen Lernprogramm, welches im Jugendwaldheim des Bayerischen Waldes aufgebaut wurde. Die Daten wurden, wie in Teilarbeit B, mit schriftlichen Fragebögen erhoben und entweder einmal oder in einem „pre-/ post-test“ Design von den Schülern beantwortet. Die Fragebögen waren alle mit einem anonymisierten Code versehen, um eine spätere Zuordnung zu ermöglichen. Die Fragen- und Antwortpositionen waren jeweils zufällig gewählt. Insgesamt nahmen über 200 Schüler, aus denen nur 174 verwendet werden konnten teil. Sie kamen aus sieben Klassen von sechs verschiedenen Orten in Bayern. Die Datenerhebung wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus genehmigt (KMS II: 7-5 O 5106/76/5). Das Durchschnittsalter lag bei $15,4 \pm 1,20$ Jahren und auch bei dieser Teilarbeit war das Geschlechterverhältnis mit 47% weiblichen Teilnehmern ausgeglichen. Eine Kontrollgruppe, die nicht an der Unterrichtseinheit teilnahm, bestand aus zwei Klassen der elften Jahrgangsstufe mit insgesamt 33 Schülern.

3.4.2. Datenerhebung und Auswertung

Teilarbeit A basierte auf 19 offenen Fragen über das Thema Trinkwasser zur Erfassung des aktuellen Wissensstandes. Zu jeder Antwort wurde auch eine Begründung gefordert. Aus diesen 19 Fragen wurden sechs Fragen ausgewählt. Dabei wurde das Augenmerk hauptsächlich auf Fragen mit eindeutigen Aussagen gelegt. Anschließend konnten aus einigen offenen Fragen geschlossene entwickelt werden, da die Teilnehmer bei der Beantwortung nur drei verschiedene Optionen angeben hatten. Dies waren: (1) Kann man

das Leitungswasser in Deutschland bedenkenlos trinken? – „Ja, es ist bedenkenlos trinkbar“; „Nein, man kann es nicht trinken“; „Teilweise, es ist nicht überall trinkbar“. (2) Wird Wasser aus dem Supermarkt oder Wasser aus dem Hahn besser kontrolliert? – „Leitungswasser“; „Supermarktwasser“; „Beides gleich“. (3) Würden Sie eher zu einem Glas mit Leitungswasser oder gekauftem Flaschenwasser greifen? – „Leitungswasser“; „Flaschenwasser“; „Ist mir egal, beides“. Die Antworten der Fragen wurden zusammengezählt. Bei diesen drei Fragen konnte ein Teilnehmer immer jeweils einer Antwort-Kategorie zugeordnet werden. Die genannte Kategorie jedes Teilnehmers bekam bei der Auswertung eine eins die anderen beiden jeweils eine null. Die drei offenen Fragen waren: (4) Wo wird unser Trinkwasser aufgereinigt? (5) Schätzen Sie, wann das Trinkwasser auf unserem Planeten verbraucht sein wird! (6) Was verstehen Sie unter dem Begriff „virtuelles Wasser“?. Für die Auswertung wurde aus den Antworten der Teilnehmer für jede Frage ein Kategoriensystem entwickelt. Das Verfahren beruht auf der Methode von Mayring (2008). Das Kategoriensystem wird zu Anfang bei jeder Frage sehr breit aufgestellt und immer weiter verfeinert, sodass am Ende eine sinnvolle Anzahl an Kategorien übrig bleibt. Für die drei Fragen konnten am Ende vier bis sechs Kategorien definiert werden. Antworten, die eine sehr geringe Häufigkeit hatten oder keinen Sinn ergaben, wurden unter der Kategorie „Sonstige“ geführt. Für die Auswertung wurde jede Kategorie zusammengezählt, dabei konnte ein Teilnehmer, je nach Antwort, auch in mehreren Kategorien eingeordnet werden. Für jede Frage wurde ein Summenwert ausgezählt, ähnlich wie für die geschlossenen Fragen. Um die Reliabilität dieser Auswertung zu analysieren, müssen der Autor und eine weitere Person voneinander unabhängig noch einmal 10% der Stichprobe jedem Kategoriensystem zuordnen. Die so ermittelten Intra- und Interrater-Reliabilitäten lagen zwischen 0,946 und 1.00. Diese Cohen's Kappa (Cohen, 1960) Werte gelten nach Landis und Koch (1977) als nahezu perfekte Übereinstimmung. Die Einteilung in die Kategorien war sinnvoll. Der Chi-Quadrat-Test wurde verwendet, um die Unterschiede in den Ergebnissen der beiden Gruppen zu ermitteln. Mit diesem Test konnte die Frequenz der Häufigkeit der gegebenen Antworten zwischen den beiden Gruppen verglichen werden.

Teilstudie B basierte auf den Antworten zu drei Skalen: Die erste erfasste das Wissen der Teilnehmer. Dafür wurde ein „*multiple-choice*“ Wissensfragebogen mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten erstellt, von denen immer nur eine Antwortmöglichkeit richtig war. Insgesamt wurden zwölf Fragen entwickelt, wobei zwei Fragen bei der Auswertung gestrichen werden musste. Hier traten Probleme aufgrund „unsauberer“ Fragestellung auf. Die Antworten der Schüler wurden mit eins (richtige Antwort) und null (falsche Antwort) codiert. Um die Qualität des selbstentwickelten Fragebogens zu analysieren, wurden die Reliabilität nach Cronbach's Alpha (0,824; Grenzwert nach Lienert (1969) > 0,6) und die Schwierigkeitsindices der einzelnen Fragen bestimmt. Aufgrund der Nichtnormalverteilung

der Stichprobe (Kolmogorov-Smirnov Test, korrigiert nach Lilliefors, vgl. Field, 2009) wurden die Daten nicht-parametrisch ausgewertet. Für den Vergleich der Wissenslevel zu den drei Testzeitpunkten wurde der Wilcoxon-Test für verbundene bzw. gepaarte Stichproben als statistischer Test verwendet. Die zweite Skala erfasste die individuelle Umwelteinstellung der Teilnehmer nach dem 2-MEV-Test (*Two-Major-Environmental-Values*) (vgl. Wiseman & Bogner, 2003; Bogner & Wiseman, 2006). Die Skala wurde schon mehrfach überprüft und angewendet und misst mit jeweils zehn Aussagen zwei unabhängige Faktoren: Einmal die Einstellung zum Umweltschutz (*preservation*) und einmal die Einstellung zur Umweltausnutzung (*utilisation*). Innerhalb der Skala stimmen Schüler mit einer positiven Umwelteinstellung eher den *preservation*-Items zu und lehnen die *utilisation*-Items ab. Die Aussagen werden auf einer fünfstufigen Likert-Skala beantwortet, „Völlig richtig“ wird mit fünf und „Völlig falsch“ mit eins codiert, sowie fehlende Aussagen mit 99. Alle 20 Aussage-Items wurden für diese Teilstudie verwendet. Bei der Auswertung konnte zunächst die zweidimensionale Struktur des 2-MEV-Modells durch eine konfirmatorische Faktorenanalyse bestätigt werden. Die Faktorenwerte für die beiden Dimensionen *preservation* und *utilisation* dienten als Grundlage für die bivariate Korrelation mit den Wissenslevels der drei Testzeitpunkte. Die dritte Skala war ein semantisches Differential, bei welchem die Schüler neun Bewertungen zu dem Lernprogramm abgeben konnten. Diese Bewertungen wurden mit den jeweiligen Wissensleveln der drei Testzeitpunkte korreliert und die vier aussagekräftigsten verwendet.

Teilstudie C basierte auf 42 „*multiple-choice*“ Fragen mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten, von denen immer nur eine Antwortmöglichkeit richtig war. Durch den Fragebogen konnte der Erfolg des entwickelten Lernprogramms auf die Umweltwissensarten erfasst werden. Die entwickelte Skala enthielt Items zu den drei Wissensarten: 20 Systemwissensfragen, 12 Handlungswissensfragen und 10 Effektivitätswissensfragen. Die Antworten wurden mit eins (richtige Antwort) und null (falsche Antwort) codiert. Um die Qualität der (neu entwickelten) Skala zu testen, wurden im ersten Schritt die Reliabilität nach Cronbach's Alpha, sowie die Schwierigkeitsindices der Items bestimmt. Im zweiten Schritt wurde die Qualität der Skala verbessert, indem sie mittels des probabilistischen Rasch-Modells kalibriert und optimiert wurde. Mit dem Rasch-Modell (Bond & Fox, 2010) lässt sich die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Antwort, basierend auf der Itemschwierigkeit der verwendeten Items und der Personenfähigkeit der Teilnehmer beschreiben. Die beiden Reliabilitätswerte für die Trennung der Personen und der Items geben Auskunft über die Reliabilität der verwendeten Skala. Die Personenfähigkeit und die Itemschwierigkeit lassen sich in einer sogenannten „*Rasch wright-map*“ (Bond & Fox, 2010) abbilden. Um die Nulllinie herum sollten sich die Ergebnisse in der „*wright-map*“ ungefähr glockenförmig verteilen. Über der Nulllinie liegen die schwierigeren Items und die Personen die mit einer höheren Wahrscheinlichkeit die

Fragen richtig beantworten. Je weiter die Person oder das Item im positiven Bereich liegt, desto größer ist dieser Effekt. Bei den negativen Werten ist es ebenso, nur dass dort die Items immer leichter werden und die Personen eher die Fähigkeit haben, die Fragen nicht richtig zu beantworten. Die Qualität der verwendeten Skala wurde dahingehend optimiert, dass jede Wissensart ein paar leichte, ein paar schwierige und die meisten Items im mittleren Bereich hatte (Bond & Fox, 2010). Dadurch konnte die Gesamtanzahl an Fragen von ehemals 42 auf 27 Fragen verringert werden. Nach der Reduzierung der Itemzahl lag die Reliabilität für die Trennung der Personen bei 0,734 und die der Items bei 0,967. Diese guten Werte wurden durch eine Reliabilitätsanalyse nach Cronbach's Alpha (0,74; Grenzwert: > 0,6; nach Lienert (1969)) bestätigt. Aufgrund der Nichtnormalverteilung der Daten (Kolmogorov-Smirnov Test, korrigiert nach Lilliefors, vgl. Field, 2009) wurden nicht-parametrische Tests gerechnet. Für den Vergleich der Wissenslevel zu den drei Testzeitpunkten konnte der Wilcoxon-Test für verbundene bzw. gepaarte Stichproben als statistischer Test verwendet werden. Neben der Veränderung der Wissensniveaus wurde in dieser Teilstudie auch die Beziehung der Wissensarten untereinander untersucht. Ein Erfolg des Programms kann auch durch eine gesteigerte Wissenskonvergenz (Liefländer et al., 2014), einer Annäherung der drei Wissensarten zueinander, eruiert werden. Dies kann man anhand der Veränderung der Korrelationen zwischen den drei Wissensarten zu den jeweiligen Testzeitpunkten feststellen. Mit einer zweiten Skala, dem GEB (*general ecological behaviour*) von Kaiser und Kollegen (2007) wurde das generelle ökologische Verhalten der Teilnehmer ermittelt. Die komplette Skala umfasst 40 Items, die in sechs Subskalen (Energiesparen, Mobilität und Transport, Recycling, Konsumverhalten, Müllvermeidung und anderes Umweltschutzverhalten) eingeteilt sind. Es wurden nicht alle 40 Items abgefragt, sondern nur 25 Items aus den Subskalen: Energiesparen, Konsumverhalten, Müllvermeidung und anderes Umweltverhalten. Dabei handelte es sich um die 25 Items, die passend zu dem Interventionsthema waren. Zusätzlich gaben alle Teilnehmer nach jeder Station ihre geistige Anstrengung (*cognitive load*) über eine neun-stufige Skala (1= sehr, sehr niedrig bis 9 = sehr, sehr hoch) an. Jedoch wurden die Ergebnisse des GEB und des *cognitive load* Tests innerhalb dieser Teilstudie nicht verwendet.

3.4.3. Unterrichtsmodule

3.4.3.1. Außerschulischer Lernort Wasserwerk

Die empirische Studie der Teilarbeit B basiert auf einer ca. zweistündigen außerschulischen Lerneinheit bei der Bodenseewasserversorgung im Wasserwerk Sipplingen. Das Thema der Einheit lautete: „Der Weg vom Roh- zum Trinkwasser“. Die Durchführung erfolgte immer nach einem vorher festgelegten Plan durch die gleichen Personen. So wurde gewährleistet,

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

dass der Programmablauf, die besichtigten Orte und die benutzten Materialien für alle gleich waren und jeder Teilnehmer dieselbe Möglichkeit hatte zu lernen.

Die Lerneinheit war vom Ablauf an die Unterstufe der weiterführenden Schule (Jahrgangsstufe 5 bis 7) angepasst. Mit den jeweiligen Verantwortlichen der Bodenseewasserversorgung (BWV) wurde die Programmstruktur abgesprochen und optimiert. Der erste Programmpunkt war die Begrüßung und Verteilung der Besucherausweise durch die Betreuerinnen der BWV. Danach folgte ein Informationsfilm innerhalb eines Seminarraumes des Wasserwerkes über die Arbeit des Zweckverbandes BWV. Der Film „Wasser ist Leben“ (<http://www.youtube.com/watch?v=ZVrS-12scjk>) hatte eine Länge von ca. neun Minuten. Hier war der große Vorteil, dass die Schüler schon Ausschnitte aus dem Wasserwerk Sipplingen sehen konnte, die sie in der späteren Werksführung „live“ begehen konnten. Nach Beendigung des Films begann die Führung mit einem Ortswechsel vom Hauptgebäude zum höher gelegenen Gebäude des Quellbeckens. In diesem konnten die Schüler das auf den Sipplinger Berg gepumpte Rohwasser durch eine Glasscheibe beobachten (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Gebäude des Quellbeckens mit kreisförmig angelegten Mikrosieben und dem wabenförmigen Demonstrationsbecken für Werksführungen

Gleichzeitig spürten sie die Kälte innerhalb des Raumes, da das Rohwasser aus 60 Meter Tiefe des Bodensees gepumpt wird. Innerhalb des Gebäudes mit dem Quellbecken befinden sich 12 Mikrosiebe mit einer feinen Gaze, die eine Maschenweite von 15 Mikrometern besitzt. Mit diesem ersten Reinigungsschritt werden kleinste Algen und Schwebstoffe entfernt. Den Schülern wurde immer ein Reinigungsvorgang der Mikrosiebe gezeigt, damit alle die Maschinen in Aktion betrachten konnten. Eine weitere Station war ein wabenförmiges Becken mit drei „Arten“ von Wasser (siehe Abbildung 1): das Rohwasser, das gereinigte Wasser nach den Mikrosieben und nach der Ozonbehandlung. Der sichtbare Reinigungserfolg konnte von jedem Schüler beobachtet werden. Weiter ging es bei der

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Führung mit der Ozonbehandlung. Dieser Reinigungsschritt wurde aufgrund der Altersstufe nur am Rande angesprochen. Die Aussagen waren stark didaktisch reduziert, z.B. dass hochaktiver Sauerstoff dem Wasser zugesetzt wird. Dieser entkeimt das Wasser und tötet die Mikroorganismen ab. Das Wasser wird durch „die getöteten Mikroorganismen“ leicht trüb, was den Schülern an dem wabenförmigen Wasserbecken gezeigt wurde. Diese Trübung gilt es in einem letzten Reinigungsschritt zu beseitigen. Für diesen wechselte die Führung wieder in das Hauptgebäude. Hier befinden sich 27 große Sandschnellfilterbecken (vgl. Abbildung 2).



Abbildung 2: Sandschnellfilterbecken

Das Wasser sickert durch die Sandschichten hindurch und die Trübstoffe werden herausgefiltert. Weitere Informationen, wie die Zugabe von geringen Mengen an Eisentrichlorid, welches die Aggregation der Trübstoffe fördert, wurden aufgrund der Altersstufe reduziert. Nach der Führung durch die drei Stufen der Reinigung besichtigten die Schüler das Pumpenhaus unterhalb des Hauptgebäudes. Hier findet die Verteilung des nun sauberen Trinkwassers statt (vgl. Abbildung 3). Am Ende der Werksführung versammelten sich die Schüler zu einem abschließenden Gespräch um ein großes Modell des Bodensees herum: Es konnten noch Fragen gestellt werden und zusätzlich wurden noch einmal die Ausmaße des größten Trinkwasserspeichers Europas sichtbar. Mit der Möglichkeit, das frische Bodensee-Trinkwasser im Hauptgebäude direkt aus einem dafür aufgestellten „Brunnen“ zu probieren, endete die Lerneinheit bei der Bodenseewasserversorgung. Die Schüler mussten am Ausgang wieder die Besucherausweise abgeben, wodurch auch ein Gefühl vermittelt werden soll, dass das Trinkwasser sicher ist und kein Unbefugter sich einfach Zugang zu den Gebäuden verschaffen kann.



Abbildung 3: Wasserpumpen im Pumpenhaus

3.4.3.2. Lernzirkel „Trinkwasser“

Die empirische Studie der Teilarbeit C basiert auf einem ca. dreieinhalb stündigen Unterrichtsprogramm zum Thema „Trinkwasser“. Die Durchführung erfolgte stets im Jugendwaldheim des Bayerischen Waldes und vom Autor persönlich nach einem vorher festgelegten Ablaufplan. So konnte für die empirische Datenerhebung gewährleistet werden, dass Ort, Betreuer, Inhalte und Struktur des Programms immer konstant blieben.

Das Programm wurde vom Umfang und Anspruch für die 9te bis 10te Jahrgangsstufe entwickelt. Es gab zwei Module zum Durchführen: einen zweieinhalbstündigen Lernzirkel innerhalb des Jugendwaldheimes und danach eine ungefähr einstündige Experimentierphase, die teilweise im Freien und teilweise im Haus stattfand. Die Inhalte des Lernzirkels waren didaktisch und methodisch verschieden aufbereitet: Jede Station war so aufgebaut, dass die Informationen meist durch zwei unterschiedliche Medien vermittelt wurden. Dadurch sollten verschiedene Lerntypen angesprochen werden, denn einige Schüler lernen lieber mit Texten, die anderen schauen sich eher einen Film an. Folgende Medien wurden im Lernzirkel abwechselnd angeboten: Texte, Broschüren, Informationsblätter, Zeitungsausschnitte, Informationsfilme, Lehrfilme, Interviews, TV-Sendungen oder Experimente. Die Möglichkeit, sich über schriftliche Medien den Inhalt zu erschließen, war in jeder Station gegeben. Die Filme oder Experimente waren meist Zusatzmöglichkeiten. Anhand eines „Forscherheftes“, welches Fragen zu jeder Station enthielt, mussten die Schüler den Lernzirkel bearbeiten. Für jede Station war eine Dauer von 15 Minuten angesetzt. Es konnte mit jeder Station in den Lernzirkel gestartet werden. Einige Stationen enthielten Informationen, die teilweise sehr detailliert waren und bei kompletter Bearbeitung mehr als die 15 Minuten in Anspruch genommen hätten. Dies hatte zwei Gründe: Erstens konnten auf diese Weise neugierige, schnelle und/ oder wissbegierige Schüler tiefer in die Thematik einsteigen. Zweitens sollten die Schüler lernen, aufgrund von Fragen, die für sie wichtigen Informationen schnell zu finden und die Aufgaben in der

vorgegeben Zeit zu bearbeiten. Der Lernzirkel sollte die Schüler nicht nur thematisch, sondern auch methodisch fördern.

Im Folgenden sind die Inhalte und Materialien der einzelnen Stationen kurz beschrieben. Die druckbaren Lerninhalte befinden sich in einem gesonderten Anhang. Nach der Beschreibung aller Stationen wird kurz auf den experimentellen Aufbau nach dem Lernzirkel eingegangen.

Station 1 – Wasser Welt Wissen – Wasservorkommen auf unserer Erde

Die Station thematisiert die Verteilung der Wassermenge, den Unterschied zwischen Salz- und Süßwasser und den natürlichen Wasserkreislauf. Es wird deutlich, dass nur ein geringer Teil der Wassermenge auf unserem Planeten direkt für die Trinkwasserförderung nutzbar ist. Andererseits soll durch den Wasserkreislauf vermittelt werden, dass Wasser nicht verbraucht werden kann. Für den Wasserkreislauf liegen zwei Informationsblätter von verschiedenen Institutionen aus. Die Verteilung der Wassermengen ist in einem Informationstext mit selbst erstellten Diagrammen und in einem Arbeitsblatt, welches aus den Unterrichtsmaterialien vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit stammt, beschrieben. Der Unterschied zwischen Salz- und Süßwasser wird zusätzlich in einem kleinen Experiment verdeutlicht.

Station 2 – Trinkwassergewinnung – Die Rohwasserarten

Zunächst werden die verschiedenen Rohwasserarten und deren Nutzung innerhalb Deutschlands dargestellt. Dabei wird auch die Bedeutung des Begriffs Rohwasser in der Trinkwassergewinnung erklärt. Die Inhalte sind entweder aus dem komprimierten Informationsblatt der Station 2 zu entnehmen oder aus der Broschüre „Unser Trinkwasser“ vom Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft aus dem Jahre 2007. Für die Trinkwassergewinnung wurden Talsperren und Grundwasseranreicherung als mögliche Methoden beschrieben. Für die Talsperren liegt ein „Aqualino-Informationsblatt“ der Wasserversorgung in Sachsen und Ostthüringens vor. Die Grundwasseranreicherung ist in einem Originalbild kurz skizziert und in einem Originalbericht über die Anlage Echthausen beschrieben. Die Schüler sollten nur einen kurzen Einblick in die verschiedenen Möglichkeiten der Trinkwassergewinnung bekommen. Ein detailliertes lesen und verstehen, der genauen Abläufe, z.B. bei der Grundwasseranreicherung, war nicht das Ziel.

Station 3 – Trinkwasseraufreinigung – Das Wasserwerk und die Kläranlage

Die Thematik ist vom Lehrplan eher für die unteren Jahrgangsstufen relevant. Aufgrund der Ergebnisse aus Teilarbeit A wurde diese Station aber trotzdem in den Lernzirkel mit aufgenommen. Die Schüler bekommen im ersten Teil den Einblick, wie Rohwasser zu Trinkwasser aufbereitet werden kann. Hier wird vor allem die wichtigste Aufreinigungsform

für die Wasserversorger, das Filtern, angesprochen. Im Zweiten Teil wird durch mehrere Materialien der Unterschied bzw. die Aufgabe von Wasserwerk und Kläranlage deutlich gemacht. Das Wasserwerk wird in einem Diagramm (siehe Seite 2 der Materialien im gesonderten Anhang) grob skizziert, in einem Informationsfilm der Wasserwerke Aschaffenburg mittels eines virtuellen Rundgangs erläutert und in zwei Informationsblättern von zwei verschiedenen Wasserversorgern beschrieben. Die Informationen über die Kläranlage konnten durch ein Arbeitsblatt mit einem Lückentext (siehe Seite 4 der Materialien im gesonderten Anhang) oder durch zwei Informationsblätter von zwei verschiedenen Wasserversorgern (dieselben wie beim Thema Wasserwerk) erlangt werden. Welche Materialien die Schüler benutzten war ihnen überlassen. Der Inhalt unterschied sich immer nur geringfügig und die Aufgaben konnten mit jedem Mittel beantwortet werden.

Station 4 – Verschmutzungsgefahr

Diese Station beinhaltet neben den Informationstexten und den Arbeitsblättern des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit auch einen originalen Zeitungsartikel aus der Zeitschrift „Der Spiegel“ und einen Informationsfilm der Aschaffener Wasserwerke. Innerhalb des Films, der über einen Laptop angeboten wurde, wird vor allem das Problem des steigenden Nitratgehaltes im Trinkwasser in den 90er Jahren angesprochen. Es werden mögliche Gefahren für das Grundwasser durch den Verkehr, Kläranlagen oder die Industrie genannt. Detaillierter wird die Verschmutzungsgefahr durch die Landwirtschaft thematisiert, die in diesem Fall, durch die Verwendung von Pflanzendüngung- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, mitverantwortlich für den steigenden Nitratgehalt ist. Zusätzlich werden Möglichkeiten genannt, wie die Gefahr vermindert und die Situation verbessert werden kann. Weitere Gefahrenquellen für das Trinkwasser können aus den Informationstexten ermittelt werden. Als Zusatzmaterial dient ein historischer Artikel über die Gefahren des Trinkwassers zur Zeit des Römischen Reiches. In diesem Zeitungsausschnitt wird ein Problem angesprochen, das auch heutzutage wieder aktuell geworden ist: Die Gefahr der Bleivergiftung in der Trinkwasserversorgung, denn in alten Häusern können auch heute noch die Leitungsrohre einen gewissen Bleianteil enthalten.

Station 5 – Trinkwasserverordnung vs. Mineralwasserverordnung

Diese Station befasst sich mit der guten Trinkwasserqualität in Deutschland und wie diese erreicht wird. Kein Lebensmittel wird häufiger und strenger kontrolliert. Welche Bedingungen und Vorgaben für Trinkwasser vorliegen müssen, werden in der Trinkwasser- und Mineralwasserverordnung deutlich. Beide Verordnungen liegen als Originaltext, vom Bundesministerium der Justiz, aus. Mit Markierungen an den entsprechenden Seiten wurden wichtige Passagen markiert. Die Schüler sollten sich jedoch bewusst mit den originalen

Verordnungen auseinandersetzen. Eine gute Zusammenfassung über die Trinkwasserqualität bietet auch die „Aqualino-Informationseite“ der Wasserversorgung in Sachsen und Ostthüringen.

Station 6 – Trinkwasserarten

In dieser Station lernen die Schüler die fünf möglichen Trinkwasserarten kennen. Einerseits kann dies durch die Informationstexte erfolgen, andererseits auch über mehrere Dokumentationsfilme. Zum „Geschmack des Wassers“ gab es Reportagen der ARD des NDR und von n-TV. Innerhalb von Interviews mit zwei Wasser-Sommeliers und einem Gastrokritiker wird das Phänomen der teuren Mineralwassersorten im Vergleich zum normalen Trinkwasser angesprochen. Es wird deutlich, dass die Geschichte und das Design der Wasserflasche wichtiger sind als deren Inhalt. In dem Dokumentationsfilm „Wissen vor 8“ wird der Unterschied zwischen Leitungswasser und Mineralwasser erläutert. Auch hier wird gezeigt, dass es keine fachlichen Argumente für die unterschiedlichen Preise bei den Mineralwassern gibt. Zusätzlich wird der hohe Kostenfaktor im Vergleich zum Leitungswasser angesprochen und dass es auch hier geschmacklich keine Unterschiede zwischen den beiden Trinkwassersorten gibt. Des Weiteren konnten die Schüler in dieser Station zwei kleinere Experimente durchführen: Eine Blindverkostung von Leitungswasser, stillem Tafelwasser und stillem Quellwasser und die Verkostung mehrerer Mineralwassersorten unterschiedlicher Preislagen sollten mögliche Unterschiede im Geschmack aufzeigen.

Station 7 – Wassergebrauch

Thema dieser Station ist die Bedeutung von Wasser für den Menschen. Der menschliche Körper besteht im Durchschnitt aus ca. 60-70% Wasser. Es wird für den Stoffwechsel, unser Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit des Körpers benötigt. Schon ein geringer Wasserverlust bewirkt Veränderungen in unserem Körper und die Auswirkungen können sich bis zu einer dauerhaften Schädigung steigern. Aber auch in unserem alltäglichen Leben benötigen wir für viele Dinge frisches Leitungswasser. Ein Artikel des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zeigt Statistiken zur Trinkwasserversorgung. Innerhalb der Station wurde konsequent der Begriff Wassergebrauch anstatt –verbrauch verwendet. Dies hat den Hintergrund in Teilstudie A, wo viele Teilnehmer behaupten, dass das Trinkwasser auf unserem Planeten bald verbraucht sein wird.

Station 8 – Probleme mit dem Trinkwasser

Die Probleme mit Trinkwasser sind vielfältig und einige sind auf den ersten Blick nicht direkt ersichtlich. Dabei steht der verantwortungsvolle Umgang mit der Ressource und dem

Bestreben diese nicht unnötig zu verschwenden im Vordergrund. Durch effektive Sparmaßnahmen und Marketing konnte der Wassergebrauch stetig verringert werden. Dies ergibt aktuell jedoch neue Probleme. Die Abwasserleitungen werden nicht mehr genügend durchgespült und somit konzentriert sich das Abwasser auf oder bleibt in den Rohren stehen. Dadurch können schwere Schäden im Leitungssystem auftreten. Die Folge ist ein erhöhter Abwasserpreis. Eine Verringerung der Durchmesser der Rohre steht in Gegensatz zu den Spitzenleistungen, die das Netz verkraften muss. Zum Beispiel bei Löscheinsätzen, Starkregenfällen oder auch bei Weltmeisterschaftsspielen (siehe Seite 2 der Station 8 der Materialien im gesonderten Anhang). Weitere Probleme treten durch die immer besser werdende Analytik auf. Mittlerweile können Stoffe in kleinsten Mengenverhältnissen ermittelt werden. Das bedeutet, dass immer neuere potentielle Schadstoffe gefunden werden. Die Kommunikation in der Gesellschaft ist schwierig, nicht nur wegen der wenig bekannten Fachbegriffe, z.B. Grenzwert, Richtwert, Nanometer, Mikroliter. Die Station erläutert die Thematik in drei Informationstexten, sowie einem Zeitungsartikel der „Zeit Online“.

Station 9 –Nachhaltigkeit – Virtuelles Wasser – verstecktes Trinkwasser

In der vorherigen Station lernen die Schüler die Probleme mit Trinkwasser kennen und das Einsparen an Wasser nicht immer der richtige Weg ist. Diese Informationen werden in der Station 9 noch weiter vertieft. Innerhalb der Informationstexte und zwei Zeitungsartikeln der „Zeit Online“ werden Tipps für einen sinnvollen und weniger sinnvollen Umgang mit der Ressource Wasser gegeben. Auf der einen Seite soll die Schätzung des „Gutes“ Trinkwasser stehen, auf der anderen muss man auch die aktuelle Lage in unserem Land beachten. Deutschland braucht im Vergleich zu anderen Industrieländern schon recht wenig an realem Trinkwasser pro Kopf. Für die Nachhaltigkeit dieser Ressource sind andere Themengebiete sinnvoller als das Einsparen von Wasser. Eine Möglichkeit bietet das virtuelle Wasser. Deshalb beschäftigt sich die zweite Hälfte dieser Station mit diesem Begriff. In der Broschüre „Virtuelles Wasser“ vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, die kostenlos über die Homepage bestellt werden kann, wird das Thema gut aufbereitet und erklärt. Im Bereich des virtuellen Wassers lassen sich noch sinnvolle Einsparungen verwirklichen, deshalb und aufgrund der Ergebnisse aus Teilstudie A wurde dieser Fachbegriff weiter vertieft.

Nach dem Lernzirkel wurde die hauseigene Schilfkläranlage des Jugendwaldheims besichtigt. Dabei wurde am Klärbecken der Aufbau erläutert sowie der Zu- und Abfluss der Anlage untersucht. Die Schüler bekamen vor allem durch den visuellen und geruchlichen Vergleich des zu- und abfließenden Wassers einen Eindruck, welche Leistungen und Auswirkungen die Anlage auf das Abwasser hat.



Abbildung 4: Untersuchung des Zuflusses der Schilfkläranlage im Jugendwaldheim Bayersicher Wald

Nach der Besichtigung der Schilfkläranlage wurden Wasserproben von dem Gelände des Jugendwaldheims gesammelt, um anschließend im experimentellen Aufbau untersucht zu werden. Es konnten Proben aus dem nahe gelegenen Löschwasserteich, Fischteich, dem Leitungswasser des Hauses oder Regenwasser genommen werden. Manche Schüler brachten auch eigene Wasserproben von Zuhause mit, um sie zu untersuchen. Diese bestanden aus Leitungswasser aus Städten, Flusswasser (z.B. Donau, Inn, Ilz), Moorwasser oder Wasser aus städtischen Brunnen. Eine Möglichkeit bestand auch immer in der Untersuchung einer Probe des Zufluss- und Abflusswassers der Schilfkläranlage.

Der erste Teil des experimentellen Aufbaus beschäftigte sich mit der natürlichen Reinigungskraft des Bodens. Ähnlich der Kläranlage sollten verschiedene Bodenschichten in Töpfen gestapelt werden und dreckiges Wasser gereinigt werden. Dabei wurde vor allem der Aspekt der Nachhaltigkeit in dem Versuch angesprochen. Die Schüler konnten so verstehen, dass alle Verunreinigungen, die wir in den Boden einbringen, irgendwann in das Grundwasser übertreten und auch uns schädigen.

Im zweiten Teil wurden Wasserproben mittels einfacher chemischer Nachweisverfahren mithilfe von Untersuchungs-Kits analysiert. Die Klasse wurde dafür in Zweiergruppen aufgeteilt und jede Gruppe musste mindestens einen Parameter einer Wasserprobe

bestimmen. Die Ergebnisse wurden zusammengetragen und am Ende miteinander verglichen.

Für die empirische Datenaufnahme war der Lernzirkel die Hauptgrundlage, da bei den Experimenten das Vorwissen der Schüler einen zu starken Einfluss gehabt hätte. Die Option, dass manche Stationen zu viele Informationen boten, lösten die Gruppen teilweise unterschiedlich. Viele teilten sich die Arbeit auf und nutzten die Personenanzahl in der Gruppe aus. Manche überflogen auch die Information und konnten durch das „Querlesen“ die benötigten Informationen herausfiltern. Gerade die letztgenannte Technik sollte durch den Lernzirkel angeregt werden, da diese für die bestehenden Abschlussprüfungen der Schüler einen immensen Gewinn darstellt. Alle neun Stationen wurden im Durchschnitt von den Schülern mittelmäßig (vier bis sechs) zwecks der geistigen Anstrengung (*cognitive load*) bewertet. Das bedeutet, dass keine Station zu schwierig angesetzt war. Der zweite Teil des entwickelten Unterrichtsprogramms sollte die Schüler mehr motivieren und ihnen interessante Aspekte noch einmal genauer und in Form einfacher Experimente verdeutlichen.

3.5. Ergebnisse und Diskussion

Teilstudie A

In der ersten Teilstudie ergaben sich interessante alternative Vorstellungen bei den Schülern und Studenten. Für beide Gruppen konnte das gleiche Kategoriensystem bei den offenen Fragen verwendet werden. Das bedeutet, dass sich die beiden Gruppen in der Art ihrer Vorstellung nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Zwar ist die Benennung der einzelnen Antwort-Kategorien zwischen den Gruppen gleich, jedoch gibt es teilweise signifikante Unterschiede in den Häufigkeiten.

Bei der ersten Frage „Kann man das Leitungswasser in Deutschland bedenkenlos trinken?“ können keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden: Die Mehrheit der Schüler (80%) und Studenten (72%) gibt an, dass es bedenkenlos trinkbar ist. Nicht trinkbar ist es für 9% der Schüler und 6% der Studenten und nur teilweise für 9% der Schüler und 20% der Studenten.

Die zweite Frage „Wird Wasser aus dem Supermarkt oder Wasser aus dem Hahn besser kontrolliert?“ beantworten 52% der Schüler und 62% der Studenten mit „Leitungswasser“. Für „Supermarktwasser“ entscheiden sich 30% der Schüler und 18% der Studenten. „Beides gleich“ wählen 12% der Schüler und 15% der Studenten. Auch hier können keine signifikanten Unterschiede in den Häufigkeiten der Antworten festgestellt werden.

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Die dritte Frage „Würden Sie eher zu einem Glas mit Leitungswasser oder gekauftem Flaschenwasser greifen?“ ergibt signifikante Unterschiede in der Auswahl des Getränkes. Mehr Studenten (Chi-Quadrat (1) = 8,435; $p = 0,004$) geben an, eher zu einem Glas Leitungswasser zu greifen. Im Gegensatz dazu geben mehr Schüler (Chi-Quadrat (1) = 7,769; $p = 0,005$) an, eher Flaschenwasser zu trinken. Im Fragebogen wurde nach einer kurzen Begründung für die jeweilige Antwort gefragt. Auffällig ist, dass beide Gruppen gleiche Begründungen lieferten: Leitungswasser ist kostengünstig, immer verfügbar und hat eine gute Qualität. Flaschenwasser hat einen besseren Geschmack und enthält Kohlensäure. Zusätzlich ist der Kalkgehalt als ein Qualitätsmerkmal genannt worden. Hartes Wasser wird als schlechtes Wasser angesehen.

Die vierte Frage „Wo wird unser Trinkwasser aufgereinigt?“ zeigt keine signifikanten Unterschiede. 11% der Schüler und 6% der Studenten geben das „Wasserwerk“ als Aufreinigungsort an. 35% der Schüler und 31% der Studenten die „Kläranlage“ und 25% der Schüler und Studenten die „Trinkwasseraufbereitungsanlage“. Weitere Antworten, die nicht in die genannten Kategorien passen, sind in die Kategorie „Sonstige“ eingeordnet worden. Ein Ankerbeispiel für diese Kategorie ist: „Das Wasser wird in einer speziellen Industrie aufgereinigt“ oder „Das Wasser wird von der Erde aufgereinigt“.

Die fünfte Frage „Schätzen Sie, wann das Trinkwasser auf unserem Planeten verbraucht sein wird!“ beantworten nur wenige Teilnehmer (12% Schüler und 20% Studenten) mit „Trinkwasser kann aufgrund des Wasserkreislaufes nicht verbraucht werden“. Ähnlich viele geben an, dass es „nie verbraucht wird, da andere Aufreinigungsmethoden gefunden werden“ (22% Schüler und 17% Studenten). Die meisten Antworten fallen in die Kategorie, dass das „Trinkwasser bald in ein bis tausend Jahren verbraucht sein wird“. Die einzige Kategorie, die einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen aufweist, ist die, dass das „Trinkwasser in mehreren 1000 bis Millionen Jahren verbraucht sein wird“. Diese Kategorie geben deutlich mehr Schüler als Studenten an (Chi-Quadrat (1) = 11,809; $p = 0,001$). Auch bei dieser Frage gibt es Antworten, die nicht zugeordnet werden können und in die Kategorie „Sonstige“ aufgenommen worden sind. Ankerbeispiele sind: „Mit der globalen Erwärmung geht es schneller!“ oder „Wenn die Gletscher geschmolzen sind.“.

Die sechste Frage „Was verstehen Sie unter dem Begriff „virtuelles Wasser“?“ ergibt die größten Unterschiede in den Häufigkeiten der Antworten zwischen den beiden Gruppen. Am häufigsten wird die Kategorie „noch nie gehört/ keine Ahnung“ angegeben (Schüler: 67%; Studenten: 49%). Diese Kategorie geben signifikant mehr Schüler als Studenten an (Chi-Quadrat (1) = 8,412; $p = 0,004$). Die Kategorie „Wasser, das für die Produktion von Produkten benötigt wird“ hat eine geringere Häufigkeit (Schüler: 2%, Studenten: 22%). Die Studenten geben signifikant häufiger die richtige Antwort (Chi-Quadrat (1) = 23,260; $p < 0,001$). Eine Antwort, die recht häufig vertreten ist, ergibt die dritte Kategorie „Wasser im

Computer oder Internet“. Diese Kategorie zeigt auch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Schüler: 15%; Studenten; 3%; Chi-Quadrat (1) = 10,832; $p = 0,001$). Ankerbeispiele für die Kategorie „Sonstige“ sind: „Fake-Wasser, das nicht existiert“, „nur theoretisch verfügbares Wasser“, „an der Börse gehandeltes Wasser“ oder „Wasser das von Menschen gemacht wird“.

Anhand der Antworten zu den ersten beiden Fragen lässt sich ein allgemein positives Vertrauen in das Trinkwasser erkennen. Trinkwasser ist bedenkenlos trinkbar und das bestkontrollierte Lebensmittel, wie es auch durch die Trinkwasserverordnung vorgegeben wird (BBGU, 2011). Dem nationalen Trinkwasser wird häufig eine hohe Qualität zugeordnet (Doria et al., 2009). Dennoch berichteten Parag und Roberts (2009), dass trotz allgemein guter Wasserqualität mehr Flaschenwasser getrunken wird. Die Gründe sind verschieden: Häufig werden die ständige Verfügbarkeit, die geringen Kosten und der geringe Aufwand als positive Aspekte für die Nutzung von Leitungswasser genannt. Für das Flaschenwasser werden hingegen der bessere Geschmack, der Geruch und die vorhandene Kohlensäure aufgezählt (Doria, 2006; Parag & Roberts, 2009; Saylor et al., 2011). Anhand unserer Ergebnisse lassen sich einige alternative Vorstellungen zu diesem Thema feststellen: Das Qualitätsmerkmal Kalk, welches auch in anderen Literaturquellen genannt wird (IFEN, 2000; Bartel et al., 2010), ist nicht wissenschaftlich korrekt. Erstens liegt im Wasser kein Kalk vor, sondern die entsprechenden Ionen. Zweitens sind diese in den vorliegenden Mengen für Menschen nicht gefährlich. Weitere alternative Vorstellungen konnten in dieser Teilstudie festgestellt werden: der baldige Verbrauch des Trinkwassers, Probleme mit dem Begriff des virtuellen Wassers oder die Kläranlage als Aufreinigungsort unseres Trinkwassers. Das Problem ist, dass Schüler oder auch Studenten bei manchen Themen nur loses Vor- bzw. Halbwissen besitzen (Taiwo et al., 1999), bei dem sie glauben etwas zu wissen oder nur allgemeine Ideen haben (Duit & Treagust, 2003; Treagust & Duit, 2008). Es sollte eigentlich jeder Teilnehmer den Wasserkreislauf kennen, aber die eigenen Konzepte sind scheinbar stärker, als die wissenschaftlich korrekten (vgl. Niebert & Gropengießer, 2011; Sellmann & Bogner, 2012). Niebert und Gropengießer (2011) sehen auch Probleme in der Verwendung von Fachbegriffen, wenn diese unbekannt sind und nicht erklärt werden. Das führt zu Missverständnissen oder anderen nicht korrekten Interpretationen (Taiwo et al., 1999; Duit & Treagust, 2003; Treagust & Duit, 2008).

Teilstudie B

Durch die Teilnahme an der außerschulischen Lerneinheit kann ein signifikanter kognitiver Wissenszuwachs ermittelt werden. Dieser belegt den Erfolg der Unterrichtseinheit, zumal die Kontrollgruppe keine Unterschiede zwischen den Testzeitpunkten aufweist. Es gibt keine Geschlechterunterschiede zwischen Mädchen und Jungen. Der Zuwachs kann nicht nur

kurzfristig, sondern auch langfristig nach bis zu sechs Wochen festgestellt werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit anderen Studien (Bogner, 1999; Fancovicova & Prokop, 2011; Kossack & Bogner, 2012; Sellmann & Bogner, 2012). Der Erfolg des Lernprogramms könnte in den verschiedenen Methoden liegen, wie die Lerninhalte präsentiert werden, oder in der Wiederholung der Themen. Durch den einführenden Film und der anschließenden „live“ Begehung werden die Informationen auf unterschiedliche Weise bereitgestellt. Jeder Schüler bevorzugt eine andere Lernstrategie und deshalb ist eine vielfältige Vermittlung über mehrere Sinneskanäle sehr hilfreich (Weidenmann, 1997; Mayer, 2001; 2003; Pöhl & Bogner, 2013). Die authentische Lernumgebung, in der Schüler aus erster Hand lernen können (Primärerfahrung), ist im Vergleich zu einer normalen Unterrichtsstunde im Klassenzimmer ein weiterer Vorteil der Unterrichtseinheit (Herrington & Oliver, 2000; Scharfenberg & Bogner, 2013). Die persönliche Umwelteinstellung hat nur einen geringen Einfluss auf das gelernte Wissen. Bei den beiden Faktoren können nur geringe Zusammenhänge zum Wissenszuwachs gemessen werden. Eine hohe oder niedrige Einstellung in der Naturausnutzung (*utilisation*) hat keinen Einfluss (vgl. Bogner, 1999), wobei eine positive Naturschutz-Einstellung (*preservation*) sich auch positiv auf den Wissenszuwachs auswirkt: Teilnehmer mit einem hohen *preservation* Wert erreichen höhere Wissenslevel. Dieses Ergebnis ist insofern unerwartet, da wir bei einer positiven Einstellung im Faktor *utilisation* eher eine Ablehnung gegenüber Umweltthemen erwartet hätten. Jedoch lässt sich aus den Daten erkennen, dass auch Teilnehmer mit einem positiven *utilisation* Wert durch die Lerneinheit ihr Wissen erhöhen. Die Korrelation des semantischen Differentials mit dem Wissenszuwachs bringt weitere interessante Ergebnisse. Einige Einschätzungen über die Unterrichtseinheit fördern scheinbar den Wissenszuwachs und andere haben eher keinen Einfluss darauf. Wenn die Einheit bzw. das Thema den Schülern klar und verständlich oder essentiell erscheint, dann haben diese Bewertungen weniger Einfluss auf den zu erreichenden Wissenslevel. Scheint den Schülern das Programm bzw. der Inhalt aber motivierend und einfach zu verstehen, dann steht der Wissenszuwachs scheinbar in Beziehung zu diesen Bewertungen. Die Beziehung zwischen Motivation und Interesse auf den kognitiven Lernzuwachs findet man auch in anderen Studien wieder (Fraser et al., 1987; Randler & Bogner, 2007).

Teilstudie C

Als erstes ist die Skalenqualität der Umweltwissensskala mit den drei Wissensarten, Systemwissen, Handlungswissen und Effektivitätswissen untersucht worden. Die drei Wissensskalen sind durch Reliabilitätsanalysen nach Cronbach's Alpha und dem Rasch-Modell, sowie der Schwierigkeitsanalyse mit Schwierigkeitsindices und dem Rasch-Modell kalibriert worden. Sie weisen eine hohe Personen- und Item-Reliabilität auf. Die gemittelten

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Schwierigkeitsindices (Anzahl der richtigen Antworten/ Anzahl der falschen Antworten) zeigen, dass die Items des Systemwissens (0,60) allgemein etwas einfacher zu beantworten sind, als die Items des Handlungswissens (0,56) und des Wirksamkeitswissens (0,54).

Die Schüler zeigen im Vorwissen einen deutlichen Mangel innerhalb des Wirksamkeitswissens, im Vergleich zu den anderen beiden Wissensarten. Der Wissenslevel im Handlungswissen ist bei den drei Wissensarten am höchsten ausgeprägt. Diese Verteilung der Wissensniveaus stimmt mit denen von Frick und Kollegen (2004) überein und auch bei Liefländer et al. (2014) ist das Wirksamkeitswissen in der jeweiligen Stichprobe am geringsten. Die Zunahme der Wissensniveaus in allen drei Wissensarten belegt den Erfolg des Kurz-Tag-Lernprogramms, da die Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede zwischen den Testzeitpunkten aufweist. In allen drei Arten nimmt das Umweltwissen signifikant zu. Das entspricht den Ergebnissen aus der Literatur (Liefländer et al., 2014). Wirksamkeitswissen zeigt dabei den größten Zuwachs von T0 zu T1. Am wenigsten kann der Wissenslevel innerhalb des Handlungswissens erhöht werden. Die Vergessensrate von T1 zu T2 zeigt, dass die Schüler vermehrt das Effektivitätswissen behalten. Die anderen beiden Arten werden auf einem vergleichbaren Niveau behalten. Der gefundene Wissensverlust nach einer längeren Zeit ist aus ähnlichen Studien bekannt (Randler & Bogner, 2002; Schaal & Bogner, 2005). In unserer Studie ist jedoch auch noch nach sechs Wochen ein signifikanter Wissenszuwachs in allen Wissensarten nachweisbar. Durch die Intervention können die Niveaus der drei Wissensarten angeglichen werden. Der Mangel, der vorher vor allem im Effektivitätswissen vorhanden ist, ist durch die Intervention deutlich gemindert worden. Dieses Ergebnis steht in Kontrast zu dem von Liefländer und Kollegen (2014), wo sich das Systemwissen am geringsten und das Wirksamkeitswissen am größten verringerten. Jedoch sehen Liefländer et al. (2014) mögliche Gründe für den geringen Zuwachs im Effektivitätswissen in ihrem Bildungsprogramm oder in dem Alter der Teilnehmer. Wirksamkeitswissen benötigt laut dem Umweltwissen-Modell von Kaiser und Kollegen (2008) auch die anderen beiden Umweltwissensarten als Grundlage. Scheinbar sind jüngere Schüler noch nicht in der Lage die komplexen Zusammenhänge der drei Wissensarten richtig zu verknüpfen und lernen so vermehrt das einfachere Systemwissen. Jedoch beeinflussen Handlungs- und Effektivitätswissen direkt das Umweltschutz-Verhalten (Kaiser et al., 2008; Roczen et al., 2013), welches jedes Umwelt-Bildungsprogramm als Hauptziel haben sollte. Deshalb ist es wichtig, auch das komplexe Effektivitätswissen zu vermitteln (vgl. Frick et al., 2004). Innerhalb der Teilstudie lässt sich aus den Ergebnissen der Korrelationen zwischen kurzfristigem und langfristigem Wissenszuwachs erkennen, dass das Effektivitätswissen den größten Einfluss besitzt. Wenn Schüler diese Wissensart gelernt haben, haben sie mit großer Wahrscheinlichkeit auch in den anderen beiden Wissensarten ihr Wissensniveau erhöht. Aus der Literatur ist diese Abhängigkeit der Wissensarten

untereinander bekannt (Frick et al., 2004; Kaiser et al., 2008; Roczen et al., 2010). Wie bei Liefländer und Kollegen (2014) kann zusätzlich zwischen den einzelnen Testzeitpunkten eine Konvergenz, also eine Integration bzw. Vernetzung, zwischen den Wissensarten festgestellt werden. Die Korrelationen zwischen den Wissensarten nehmen von T0 zu T1 sehr stark zu. Im Fall von Systemwissen und Handlungswissen steigert sich die Korrelation sogar noch einmal im Behaltenstest. Die Korrelationen mit Effektivitätswissen verringern sich von T1 zu T2 wieder, liegen jedoch deutlich über dem Level von T0. Als Erklärung kann das Gedankenmodell von Liefländer et al. (2014) dienen: Die Wissensarten werden wie auch beim Modell von Kaiser und Kollegen (2008) als Kreise dargestellt. Eine Erhöhung des Wissensniveaus bewirkt, dass die Kreise vom Durchmesser größer werden. Dadurch kommt es zu Überlappungen zwischen den Kreisen, was die Wissenskonvergenz darstellt. Je stärker die Konvergenz zwischen zwei Arten, desto stärker sind diese ineinander integriert. Die Verknüpfung der Wissensarten untereinander kann mit der Zeit aber auch wieder weniger werden. Dies kann z.B. durch das Vergessen in den einzelnen Wissensarten geschehen. In dem genannten bildlichen Vergleich würde eine Abnahme der Kreisradien auch eine geringere Überlappung bedeuten. Die Ergebnisse der Teilstudie zeigen, dass auch ein Kurz-Tag-Lernprogramm deutliche Auswirkungen auf das Wissensniveau und die Wissenskonvergenz haben kann.

3.6. Schlussfolgerung und Ausblick

Die Gesamtstudie stellt eine umfassende und vielseitige Betrachtung des Unterrichtsthemas „Trinkwasser“ dar, die durchaus auch Folgerungen für andere Unterrichtsprogramme erlaubt. Deshalb werden mögliche Hinweise, Konsequenzen und/ oder Schlussfolgerungen für den Unterricht oder die Forschung kurz betrachtet und dargestellt.

Vorstellungen sind meist sehr stark im Gedächtnis verankert und können teilweise nur schwer geändert werden (Treagust & Duit, 2008). Dadurch kann es zu Problemen beim Lernen kommen: Gerade für den Unterricht außerhalb der Schule ist dieser Aspekt für einen bleibenden Lernerfolg wichtig. Für einen Konzeptwechsel ist aber das Erlernen von neuem Wissen eine entscheidende Grundlage (Vosniadou & Brewer, 1992): Eine Strategie, die in der Literatur eine häufige und auch erfolgreiche Anwendung findet, ist die Konfrontation der Schüler mit den eigenen alternativen Konzepten (Vosniadou & Brewer, 1992; Sellmann & Bogner, 2012; Fröhlich et al., 2013). Durch die Darstellung schülerrelevanter alternativer Vorstellungen und den wissenschaftlich korrekten Konzepten kommt es bei Schülern zu einem kognitiven Konflikt (Dreyfus et al., 1990; Sellmann & Bogner, 2012), der sich positiv auf einen Konzeptwechsel auswirken kann. Franke und Bogner (2013) zeigen, dass die

AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

Konfrontation mit den eigenen alternativen Vorstellungen bei den Schülern positive Emotionen auslöst und zu einer gesteigerten Motivation beim Lernen führt. Die Schüler-Meinungen werden bewusst in die Lerninhalte integriert, die dadurch eine bessere Einbeziehung in ein Langzeitwissen erlauben. Eine solche Konfrontation setzt natürlich eine Identifizierung alternativer Vorstellungen voraus, welche durch verschiedene Methoden möglich ist: Entweder durch offene Fragen, wie in Teilstudie A, oder durch „*concept maps*“, wie bei Sellmann und Bogner (2012). Eine erweiterte Möglichkeit wäre dabei die Entwicklung einer kompletten Unterrichtseinheit auf Basis von Schülervorstellungen und die empirische Untersuchung auf den langfristigen Lernerfolg und den möglichen Konzeptwechsel im Vergleich zu einer normalen Unterrichtseinheit.

Innerhalb der ersten Lerneinheit „Werksführung“ konnte gezeigt werden, dass auch eine kurze unterrichtliche Intervention durchaus einen positiven kognitiven Effekt erzielen kann, welcher auch langfristig erhalten bleibt. Dieses Ergebnis ist für Lehrer genauso interessant, wie für Mitarbeiter, die Werksführungen anbieten. Die authentische Lernumgebung außerhalb des Klassenraumes wirkt sich positiv auf das behaltende Wissen aus (vgl. Kossack & Bogner, 2012). Gleichzeitig geht aus der Literatur (Johnson & Manoli, 2010; Bogner & Wiseman, 2006) hervor, dass authentische Lernumgebungen individuelle Umwelteinstellungen positiv beeinflussen können. Dies wäre ein weiterer Vorteil für eine Werksführung, denn eine positive Umwelteinstellung beeinflusst den Wissenszuwachs positiv. Das Ergebnis, dass Schüler nicht schlechter lernen, auch wenn sie eine eher negative Umwelteinstellung haben, ist ein vorteilhafter Effekt und vor allem für die Leiter einer Führung und deren Motivation wichtig. Das Thema bzw. das Programm sollte motivierend und einfach zu verstehen sein. Dadurch wird das behaltende Wissen positiv beeinflusst. Herrington und Oliver (2000) zeigten, dass Teilnehmer in authentischen Lernumgebungen automatisch eine höhere Motivation haben. Werksführungen als außerschulische Lernorte sind durchaus als effektiv einzustufen, auch wenn Vergleiche mit anderen außerschulischen Lernorten oder Unterrichtseinheiten im Klassenzimmer nicht Teil dieser Studie sind und daher keine empirischen Belege vorliegen. Die Effekte sollten auf der Unterrichtseinheit basieren, weswegen diese weder vor- noch nachbereitet oder innerhalb des regulären Unterrichts eingebunden wurde. Jedoch kann genau dies mit der hier vorgestellten Werksführung passieren. Sie kann in den regulären Unterricht als Einstieg und zur Vertiefung während oder am Ende einer Unterrichtseinheit eingebunden werden. Sollte die außerschulische Einheit als Einstieg gewählt werden, kann aufgrund der vielfältigen Lernmethoden eine allgemeine Wissensbasis bei den Schülern gelegt werden. Diese Basis könnte dann in der Schule wiederholt oder noch weiter vertieft werden. Sollte zusätzlich eine einführende Unterrichtseinheit in der Schule stattgefunden haben, besitzen die Schüler ein höheres Vorwissen, das sich naturgemäß positiv auf das behaltende Wissen auswirken und

das Wissen innerhalb der authentischen Lernumgebung der Werksführung weiter festigen kann.

Die zweite Lerneinheit „Trinkwasser“ wurde auch als Unterrichtseinheit mit einer Dauer von ungefähr dreieinhalb Stunden entwickelt. Sie konnte den positiven kognitiven Effekt, der auch langfristig erhalten blieb, aus der vorherigen Teilstudie bestätigen. Gerade bei höheren Jahrgangsstufen bietet der straffe Lehrplan wenige Möglichkeiten die Schüler länger als einen Tag aus der Schule herauszunehmen. Neben dieser Tatsache ist ein weiterer positiver Aspekt kurzer Unterrichtseinheiten, dass alle drei prognostizierten Umweltwissensarten vermittelt werden können. In der Literatur wird häufig bemängelt, dass sich durch eine kurzfristige Intervention nicht die Einstellungen und das Verhalten beeinflussen lassen (Bogner, 1998; Liefländer et al., 2014). Die genannten drei Wissensarten bilden jedoch eine Basis für ökologisches Verhalten (Kaiser et al., 2008). Alle drei konnten innerhalb unserer Einheit vermittelt werden. Das bedeutet, dass auch durch kurzfristige Interventionen ökologisches Verhalten indirekt beeinflusst werden kann. Für Lehrer und externe Lehrende kann dieser Zusammenhang ein weiterer Anreiz sein, auch Unterricht außerhalb der Schule einzubinden. Unter dem Aspekt des Wissenszuwachses sind die außerschulischen Lernprogramme eine gute Alternative zum normalen Unterrichtsalltag. Der direkte Vergleich zwischen zwei Kurz-Lerneinheiten innerhalb und außerhalb der Schule wäre eine interessante Forschungslücke, vor allem auf die langfristige Effekte und die Vermittlung der Umweltwissensarten. Vergleiche zwischen dem Lernen an Stationen und verschiedenen anderen Lernmethoden wären für die Optimierung der Effekte der Lerneinheit sinnvoll. Zusätzlich müssten in nachfolgenden Studien die wirklichen Effekte auf das ökologische Verhalten durch diese Art von Bildungsprogrammen untersucht und verglichen werden. Die Ergebnisse würden zeigen, ob sich das ökologische Verhalten auch indirekt durch die Vermittlung der Wissensarten positiv beeinflussen lässt. Eine weitere Variable, die beim Vergleich der Ergebnisse mit denen von Liefländer und Kollegen (2014) auftrat, ist nicht nur das Unterrichtsprogramm an sich, sondern auch das Alter der Teilnehmer: Hier besteht die Vermutung, dass bereits das Alter für eine Lerneinheit, welche alle drei Umweltwissensarten integriert hat, positive Effekte in allen Wissensdimensionen zeigt. Eine vergleichende Untersuchung mit verschiedenen Altersgruppen wäre interessant. Bei der Entwicklung von Lernprogrammen sollten jedoch immer alle drei Wissensarten integriert werden, da sie abhängig voneinander sind und zusammen die Grundlage für ein ökologisches Verhalten legen.

Generell zeigen alle drei Teilarbeiten das große Potential eines außerschulischen Lernorts mit seiner authentischen Lernumgebung und den damit verbundenen forschend-entdeckenden Lernmöglichkeiten: Nicht nur das Unterrichtsthema Trinkwasser sollte dieses Potential nutzen.

4. LITERATURVERZEICHNIS DER ZUSAMMENFASSUNG

- Bartel, H., Dieter, H. H., Feuerpfeil, I., Grummt, H. J., Grummt, T., Hummel, A., Konietzka, R., Litz, N., Rapp, T., Rechenberg, J., Schaefer, B., Schlosser, F. U., & Vigelahn, L. (2010). *Rund um das Trinkwasser* (2te Auflage). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA).
- Bayrisches Bildungsministerium. (2009). Lehrplan Gymnasium G8. <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26172> (online August 2014).
- Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes (BBGU) an die Verbraucherinnen und Verbraucher über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland (2011). Bonn, Dessau.
- Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2010). A cross-national perspective on youth environmental attitudes. *Environmentalist*, 30, 133-144.
- 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.
- 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 programme introduced in Swiss secondary schools. *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.
- Bogner, F. X., & Wilhelm, M. G. (1996). Environmental perspectives of pupils: the development of an attitude and behaviour scale. *The Environmentalist*, 16, 95-110.
- 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: Factor Profiles of Extreme Groups. *European Psychologist*, 7(3), 225-237.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2004). Outdoor ecology education and pupil's environmental perception in preservation and utilization. *Science Education International*, 15(1), 27-48.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2006). Adolescents' attitude towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. *Environmentalist*, 26, 247-254.
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2010). *Applying the Rasch Modell – Fundamental Measurement in the Human Sciences* (2th ed.). New York, London: Routledge Taylor & Francis Group.

- Borchers, C., Boesch, C., Riedel, J., Guilahoux, H., Ouattare, D., & Randler, C. (2014). Environmental Education in Cote d'Ivoire/West Africa: Extra-Curricular Primary School Teaching Shows Positive Impact on Environmental Knowledge and Attitudes. *International Journal of Science Education, Part B*, 4(3), 240-259.
- Calik, M., & Ayas, A. (2005). A Comparison of Level of Understanding of Eighth-Grade Students and Science Student Teachers Related to Selected Chemistry Concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 638-667.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, 20(1), 37-46.
- Doria, M. F. (2006). Bottled water versus tap water: understanding consumers' preferences, *Journal of Water and Health*, 4(2), 271-276.
- Doria, M. F., Pidgeon, N., & Hunter, P.R. (2009). Perceptions of drinking water quality and risk and its effect on behavior: A cross-national study. *Science of the Total Environment*, 406, 5455-5464.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change – some implications, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Fancovicova, J., & Prokop, P. (2011). Plants have a chance: outdoor educational programme alter students' knowledge and attitudes towards plants. *Environmental Education Research*, 17(4), 537-551.
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics using SPSS (and sex and drugs and rock 'n' roll)* (3rd ed.). Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: Sage.
- Franke, G., & Bogner, F. X. (2013). How does integrating alternative conceptions into lessons influence pupils' situational emotions and learning achievement? *Journal of Biological Education*, 47(1), 1-11.
- Franke, G., Scharfenberg, F. J., & Bogner F. X. (2013). Investigation of Students' Alternative Conceptions of Terms and Processes of Gene Technology. *ISRN Education*, doi: 10.1155/2013/741807.
- Fraser, B. J., Walberg, H. J., Welch, W. W., & Hattie, J. A. (1987). Synthesis of educational productivity research. *International Journal of Educational Research*, 11(2), 145-252.
- Frick, J., Kaiser, F. G., & Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behaviour: exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality and Individual Differences*, 37, 1597-1613.
- Fröhlich, G., Goldschmidt, M., & Bogner, F. X. (2013). The effect of age on students' conceptions of agriculture. *Studies in Agricultural Economics*, 115, 61-67.

- Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary Teachers' Understanding of Students' Science Misconceptions: Implications for Practice and Teacher Education. *Science Education*, 19, 437-454.
- Grummt, H. J. (2007). The drinking water quality in Germany in the period from 2002 to 2004. An overview. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50(3), 276-283.
- Helm, H. (1980). Misconceptions in physics amongst South African students. *Physics education*, 15, 92-105.
- Herrington, J., & Oliver, R. (2000). An Instructional Design Framework for Authentic Learning Environments. *Educational technology research and development*, 48(3), 23-48.
- Institut Francais de L'Environnement (IFEN) (2000). La preoccupation des francais pour la qualite de l'eau, *Les Donnees de L'Environnement*, 57, 1-4.
- 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. (2010). The 2-MEV scale in the United States: A measure of children's environmental attitudes based on the theory of ecological attitude. *Journal of Environmental Education*, 42(2), 84-97.
- Kaibel, A., Auwärter, A., & Kravcik, M. (2006). Guided and Interactive Factory Tour for Schools. In: *Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing* (pp. 198-212). Springer Berlin Heidelberg.
- Kaiser, F. G., & Fuhrer, U. (2003). Ecological Behavior's Dependency on Different Forms of Knowledge. *Applied Psychology: an international review*, 52(4), 598-613.
- 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.
- Kaiser, F. G., Roczen, N., & Bogner, F. X. (2008). Competence Formation in Environmental Education: Advancing Ecology-Specific Rather Than General Abilities.
- Kossack, A., & Bogner, F. X. (2012). How does a one-day environmental education programme support individual connectedness with nature? *Journal of Biological Education*, 46(3), 180-187.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). Measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159-174.
- Lee, G., Kwon, J., Park, S. S., Kim, J. W., Kwon, H. G., & Park, H. K. (2003). Development of an instrument for measuring cognitive conflict in secondary-level science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 585-603.

- Leeming, F. C., Dwyer, W. O., Porter, B. E., & Cobern, M. K. (1993). Outcome research in environmental education. *Journal of Environmental Education*, 24(4), 8-21.
- Lewis, J., & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26, 195-206.
- Liefländer, A. K., Bogner, F. X., Kibbe, A., & Kaiser, F. G. (2014). Effectively Promoting and Measuring environmental Knowledge Dimensions. *International Journal of Science Education*, submitted.
- Lienert, G. A. (1969). *Testaufbau und Testanalyse* (3rd ed.). Weinheim, Berlin, Basel: Julius Beltz.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125-139.
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Deutscher Studienverlag.
- 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.
- Modell, H., Michael, J., & Wenderoth, M. P. (2005). Helping the Learner To Learn: The Role of Uncovering Misconceptions. *The American Biology Teacher*, 67(1), 20-26.
- Niebert, K., & Gropengießer, H. (2011). "CO₂ causes a Hole in the Atmosphere": Using Laypeople's Conceptions as a Starting Point to Communicate Climate Change. *Climate Change Management*, 37, 603-622.
- Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, NY: Cornell Univ. Press.
- Parag, Y., & Roberts, J. T. (2009). A Battle against the Bottles: Building, Claiming and Regaining Tap-Water. *Society and Natural Resources*, 22, 625-636.
- Pereira, M. P., & Pestana, M. E. M. (1991). Pupils' representations of models of water. *International Journal of Science Education*, 13(3), 313-319.
- Pöhl, S., & Bogner, F. X. (2013). Learning with Computer-Based Multimedia: Gender Effects on Efficiency. *Journal of Educational Computing Research*, 47(4), 387-407.
- Potter, G. (2009). Environmental Education for the 21st Century: Where Do We Go Now?. *The Journal of Environmental Education*, 41(1), 22-33.
- Randler, C., & Bogner, F. X. (2002). Comparing methods of instruction using bird species' identification skills as indicators. *Journal of Biological Education*, 36(4), 181-188.
- Randler, C., & Bogner, F. X. (2007). Pupils' Interest Before, During, and After a Curriculum Dealing With Ecological Topics and its Relationship With Achievement. *Educational Research and Evaluation*, 13(5), 463-478.

- Roczen, N., Kaiser, F. G., & Bogner, F. X. (2010). Umweltförderkompetenz – Modellierung, Entwicklung und Förderung. Projekt Umweltkompetenz. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56(Beiheft), 126-134.
- Roczen, N., Kaiser, F. G., Bogner, F. X., & Wilson, M. (2013). A Competence Model for Environmental Education. *Environment and Behavior*. XX(X), 1-21.
- Saylor, A., Prokopy, L. S., & Amberg, S. (2011). What's Wrong with the Tap? Examining Perceptions of Tap Water and Bottled Water at Purdue University. *Environmental Management*, 48, 588-601.
- Schaal, S., & Bogner, F. X. (2005). Human visual perception – learning at workstations. *Journal of Biological Education*, 40(1), 32-37.
- Sellmann, D., & Bogner, F. X. (2012). Education in Global Climate Change at a Botanical Garden: Students' Perceptions and Inquiry-Based Learning. In *Climate Change and the Sustainable Use of Water Resources* (pp. 779-786). Springer: Berlin Heidelberg.
- Sellmann, D., & Bogner, F. X. (2013). Effects of a 1-day environmental education intervention on environmental attitudes and connectedness with nature. *European Journal of Psychology of Education*, 28(3), 1077-1086.
- Scharfenberg, F. J., & Bogner, F. X. (2013). Teaching gene technology in an outreach lab: Students' assigned cognitive load clusters and the cluster's relationships to learner characteristics, laboratory variables, and cognitive achievement. *Research in Science Education*, 43(1), 141-161.
- Shaw, K. R. M., Van Horne, K., Zhang, H., & Boughman, J. (2008). Essay Contest Reveals Misconceptions of High School Students in Genetics Content. *Genetics*, 178, 1157-1168.
- Stein, S. J., Isaacs, G., & Andrews, T. (2004). Incorporating authentic learning experiences within a university course. *Studies in Higher Education*, 29(2), 239-258.
- Taiwo, A. A., Ray, H., Motswiri, M. J., & Masene, R. (1999). Perceptions of the water cycle among primary school children in Botswana. *International Journal of Science Education*, 21(4), 413-429.
- Tanner, K., & Allen, D. (2005). Approaches to Biology Teaching and Learning: Understanding the Wrong Answers – Teaching toward Conceptual Change. *Cell Biology Education*, 4, 112-117.
- Treagust, D. F., & Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 297-328.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.

LITERATURVERZEICHNIS DER ZUSAMMENFASSUNG

- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction, 11*, 381-419.
- Weidenmann, B. (1997). "Multimedia": Mehrere Medien, mehrere Codes, mehrere Sinneskanäle? *Unterrichtswissenschaft, 25*(3), 197-206.
- 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

- A Fremerey, C., Liefländer, A. K. & Bogner, F. X. (2014)
Conceptions about drinking water of 10th graders and undergraduates.
Journal of Water Resource and Protection (in press)
- B Fremerey, C. & Bogner, F. X. (2014)
Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences.
Studies in Educational Evaluation (in press)
- C Fremerey, C. & Bogner, F. X. (2014)
Learning about Drinking Water: How important are the three dimensions of knowledge that can change individual behaviour?
Education Sciences (in press)

5.2. Darstellung des Eigenanteils

Die Teilarbeit A basiert auf einer Befragung von Schülern und Studenten, die ich selbst durchgeführt habe. Die dabei verwendeten offenen und geschlossenen Fragen habe ich selbst entwickelt und die Ergebnisse mit einem eigens entworfenen Kategoriensystem ausgewertet. Meine Mitautorin A. Liefänder hat die Einordnung in das Kategoriensystem gegengetestet und mich bei der Interpretation der Ergebnisse unterstützt. Die Teilarbeit B basiert auf einer Einbindung einer Werksführung bei der Bodenseewasserversorgung. Der Eigenanteil bei dieser Teilarbeit lag in der Optimierung der schon bestehenden Führung sowie der Entwicklung geeigneter Fragebögen für die empirische Untersuchung. Die empirischen Daten wurden von mir selbst erhoben, statistisch ausgewertet und interpretiert. Die Teilarbeit C basiert auf einem Trinkwasser-Bildungsprogramm, welches ich entwickelt und selbstständig im Nationalpark Bayerischer Wald durchgeführt habe. Die einzelnen Lernstationen habe ich selbst entworfen, die dazugehörigen Materialien und Experimente gesammelt und getestet. Alle empirischen Daten wurden von mir selbst erhoben, statistisch ausgewertet und interpretiert.

Die drei Teilarbeiten sind von mir als Erstautor verfasst und in Zusammenarbeit mit den Mitautoren überarbeitet worden.

TEILARBEITEN

5.3. Teilarbeit A

Conceptions about drinking water of 10th graders and undergraduates.

Fremerey, C., Liefländer, A. K. & Bogner, F. X. (2014)

Journal of Water Resource and Protection

(in press)

Conceptions about Drinking Water of 10th Graders and Undergraduates

Christian Fremerey*, Anne K. Liefländer, Franz X. Bogner

Z-MNU (Centre of Mathematics & Science Education), Department of Biology Education, University of Bayreuth, Bayreuth, Germany
Email: *Christian.Fremerey@uni-bayreuth.de

Received 4 June 2014; revised 1 July 2014; accepted 25 July 2014

Copyright © 2014 by authors and Scientific Research Publishing Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Any everyday subject may trigger individual conceptions either scientifically correct or naively shaped (misconceptions, alternative conceptions). For any educator, knowledge about a pupil's individual perception may strongly support teaching success. Within this context, we see the use of drinking water as daily behavior loaded with conceptions. We monitored the perceptions of two different samples, of high achieving 10th graders and of undergraduates in Biology. All participants responded to three closed and three open questions requesting individual statements about drinking water. All open questions were categorized via qualitative content analysis mainly revealing the perception of drinking water as a clean product, precisely controlled and drinkable with no need for worry. In general, some alternative conceptions did not seem differ in both samples over the time of about five years: For instance, many see our drinking water as purified in sewage plants. However, differences between individuals exist: For example, whether water is consumed as tap or bottled water. Here, some name water hardness as the reason to not drink tap water, because they think it is harmful (although the very same participants prefer bottled mineral water). Other conceptions seem to change over time, such as the estimation about the remaining time until our drinking water might be used up, or familiarity with the term "virtual water". Summing up, we did find a positive attitude towards national drinking water policy, although major knowledge gaps need its mentioning. The relevance of these results and strategies for public and school teaching are discussed.

Keywords

Drinking Water, Misconceptions, Alternative Conceptions, Water Education, Water and Environment

*Corresponding author.

How to cite this paper: Fremerey, C., Liefländer, A.K. and Bogner, F.X. (2014) Conceptions about Drinking Water of 10th Graders and Undergraduates. *Journal of Water Resource and Protection*, 6, 1112-1123.
<http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2014.612104>

1. Introduction

In Germany, no consumer ever needs to worry about the quality of drinking water. Everywhere tap-water is drinkable unless it is explicitly marked as “not drinking water”. Drinking water is tested on a regular basis [1] to assure its high quality [2], the legal basis being the “Drinking Water Ordinance 2001” [3]. Before purification, raw water is mostly obtained from groundwater (73.8%), followed by surface water (14.5%, *i.e.* from lakes, rivers and large water reservoirs) and river bank filtrates or artificially enriched groundwater (11.7%) [2]. In general, only a few treatment steps are required within waterworks to produce clean drinking water, such as filtration through sand or micro filters and disinfection with ozone or UV light. After purification, the public supply network distributes water of high quality level. Used household water passes into a closed sewage system for purification in treatment plants where (household) pollutants are extracted.

Pereira and Pestana [4] reported that water as so common in our lives that everyone expects clean drinking water out of every tap. The European Commission Drinking Water Directive requires a drinking water quality report every three years for every member state [1]. The Report of the Federal Ministry of Health and the Federal Environmental Agency (BBGU) includes only supply systems with more than 1000 cubic meters daily usage and more than 5000 customers [1] [2]. In 2010, 85.8% of the German population consumed 4212.79 million cubic meters of drinking water (from central plants) from 2283 facilities. The analysis assured the required standards for over 99% of microbiological and chemical quality parameters. The only exemptions came from exceptional cases regarding agricultural “pesticides”. For example, in 1999 nitrate exceeded the limits in 1.1% of all probes, in 2004 in 0.13%, in 2007 in 0.08% [5] and in 2010 in practically 0% of all probations [2]. A similar pattern was reported for coliform bacteria. Consequently, an excellent water quality situation exists in Germany [2] [5].

Pupils and students “do not come into science instruction without any pre-instructional knowledge or beliefs about the phenomena and concepts to be taught” [6] (p. 671). Maybe some do really come into the classroom without significant prior knowledge of the specific subject [7], but this is regarded as an exception. In every case, personal experiences and opinions are added in classroom lessons. In all areas of our lives, individual experience regularly forms notions which often include a certain understanding about scientific concepts [8]. Such patterns are described as pseudo-knowledge, since those ideas may be scientifically correct, semi-correct or even incorrect. Especially in natural science, not everyone has a correct and well-founded scientific conception which is in harmony with the view of science view [9]. Sometimes research shows students’ conceptions as rather limited and naive [6], while Modell, Michael & Wenderoth [10] saw a student’s conception not always in line with generally accepted (scientific) views of a concept. Although those “misconceptions” are found in all areas of science and in all age-groups [11], we prefer the term *alternative conceptions* as do Calik and Ayas [12]: This is because pupils’ views are not always completely wrong and sometimes just spontaneous ideas. Nevertheless, the literature employs many different terms for this non-scientific conception: Novak [13] described it as *preconceptions*, Helm [14] as *misconceptions* and Lewis and Kattmann [15] as *everyday conceptions*. Pupils and students need to integrate newly acquired school knowledge and daily life experiences into their conceptions. Sometimes such alternative and own conceptions of pupils are anchored even stronger than scientific correct conceptions taught by a teacher. Because of this they “are firmly held and are often resistant to change” [9] (p. 298). Consequently, identifying alternative conceptions is of great importance, since teachers for example need to decide whether to build upon the ideas of pupils [16]: If they utilize it, they need to consider how to finally achieve a conceptual change. To follow this line of argumentation, detailed knowledge of conceptions is needed, even for outreach facilities which offer authenticity and novel learning environments. In other issues such as agriculture, students’ conceptions help to deepen knowledge [17]. Additionally, the presentation of information plays an important role in changing conceptions [18]. A conceptual change requires the acquisition of knowledge [19], whereby pupils can change their alternative conceptions to scientifically correct ones, leading Fröhlich, Goldschmidt and Bogner [17] to suggest specific interventions or programs for students. Sellmann and Bogner [18] suggest consciously confronting students with alternative conceptions as part of interventions. Franke and Bogner [20] concluded that the integration of alternative conceptions in teaching programs leads to positive effects on interest and well-being. Because of this, it is important for the design of teaching environments and material to research alternative conceptions [21]. Conceptions can be differently identified in different ways, e.g. by open questions [22] or concept maps [18].

A cross-national study on perceptions about drinking water quality, undertaken by Doria, Pidgeon and Hunter [23], classified high scores for the United Kingdom (UK) as well as for Portugal. Parag and Roberts [24] de-

scribed for most developed countries high water standards in general, and tap-water qualities specifically. However, despite good water qualities, the consumption of bottled water has dramatically increased [24]. In line with this, Saylor, Prokopy and Amberg [25] showed that significantly more women consume bottled water than men do in groups of American university students and undergraduate students. Over the last decade, the trust of the American public in tap-water has declined [25]. The most common arguments against the drinking of tap-water were: the perceived risks of tap-water and the perceived safety of bottled water as well as the taste and convenience of bottled water. But the only advantage of bottled water would be that the bottle is already full, contains gas and does not need filling. Nevertheless, this potential time-saving argument is easily countered by the extra shopping time required.

Other potential reasons for preferring bottled water may be modern lifestyle, a status symbol, more convenience or even health associations [24]. Doria [26] [27] showed country differences for preferring bottled water in the United States (US), Canada and France: In the US, health and risk were the most frequently stated reasons; Canadian and French consumers put more emphasis on the organoleptic value, e.g. water characteristics such as taste or odor. Interestingly, French studies before 2000 [28] demonstrated the appearance of a new category: hardness of water. Hardness is also affected by certain ingredients of the drinking water, in particular by calcium ions and magnesium ions [5].

Saylor, Prokopy and Amberg [25] saw bottled water in the US as the more trustworthy water, as being more strictly regulated and as a safer product. However, non-users of bottled water agreed on the benefits of tap-water: “a reduced environmental impact, with the relative convenience of obtaining water and its low costs compared to bottled water” [25] (p. 593). There is little evidence supporting the assumption that bottled water is safer than tap-water. In contrast, it is even partially less safe [25]. In the US, two different agencies carry responsibility for the control of drinking water, the Environmental Protection Agency (EPA) for the tap-water and the Food and Drug Administration (FDA) for the bottled water. In Germany tap-water is subject to more stringent controls than bottled water: Bottled water is tested less often than tap-water [24]. The argument that bottled water is safer or better for health, therefore, is not correct. According to Saylor, Prokopy and Amberg [25] the notion that bottled water is safer than tap-water stems from limited understanding of drinking water regulations.

Consequently, the objectives of our present study focus on existing conceptions about drinking water and potential differences between high school pupils and university students.

Specifically, we aim to find out a) how pupils and students evaluate German drinking water and b) whether they prefer to drink tap-water or bottled water from the supermarket. Furthermore, we want to obtain information about the conceptions they have on the curriculum-relevant topics c) “water cycle”; d) “drinking water purification” and e) “virtual water”.

2. Methods

Two samples were investigated in our study: 10th graders (N = 132; average age 16.5 years; *SD* = 0.63) and Biology students (N = 125; average age of 21.1 years; *SD* = 3.06). 35.6% of the pupils and 59.2% of our Biology students sample were females. Despite of the sex imbalance, no significant differences between male and female statements were found. Our student sample consisted of Biology undergraduates (freshman and sophomores) from the University of Bayreuth. The 10th graders came from eight different classes from five different locations in the state of Bavaria.

A paper-pencil-test with three closed and three open questions on the topic of drinking water was applied (Table 1). Predefined lines suggested the expected statement length. For each question, closed and open, short comments were expected.

Data Analysis

Responses to the closed questions were sum-scored. We scored them a 1: correct, 0: otherwise. The open questions were analyzed according to Mayring’s [29] qualitative content analysis to assign relevant categories: From the latter responses we extracted four to six categories representing the most frequent responses by specifying an anchor example for each category. Surplus answers were coded as “others”, missing answers were coded as “no answer”. Both samples yielded very similar categories. An intra- and inter-rater objectivity test confirmed the reliability of the categories by randomly selecting 10% of the participants’ answers from each subgroup, and determining Cohen’s kappa values [30] (please refer to Table 2). Using SPSS, version 21, we applied chi square

Table 1. Closed questions (CQ 1 - 3) with answer possibilities (*italics*), and open questions (OQ 4 - 6).

Number of question	Question
CQ 1	Is tap-water in Germany drinkable without worries? <i>a) drinkable without worries</i> <i>b) undrinkable</i> <i>c) not drinkable everywhere</i>
CQ 2	Is supermarket or tap-water better controlled? <i>a) tap-water is better controlled</i> <i>b) supermarket water is better controlled</i> <i>c) both are controlled on the same level</i>
CQ 3	Would you prefer a glass of tap-water or bottled water? <i>a) tap-water</i> <i>b) bottled water</i> <i>c) both</i>
OQ 4	Where is our drinking water purified?
OQ 5	Guess when drinking water will be used up on our planet!
OQ 6	What do you understand by the term "virtual water"?

Table 2. Cohen's kappa scores for intra-and inter-rater reliability.

Questions	Cohen's kappa	
	Intra-rater reliability	Inter-rater reliability
OQ 4	1.00	0.946
OQ 5	0.951	0.951
OQ 6	1.00	1.00

Note: Landis and Koch [48] interpreted scores between 0.81 - 1.00 as "almost perfect agreement".

tests to analyze differences between pupils and Biology students in their frequency of chosen answers for the closed questions and for the frequency of the categories identified for the open questions.

3. Results

In all analyses, the school pupils' and university student sample were treated separately:

CQ 1. Is tap-water drinkable without worries?

Tap-water is regarded as "drinkable without worries" by pupils (80%) and university students (72%). Particularly, the quality, hygienic factors and regular analytic controls were stated as reasons. Nevertheless, some regard it as "undrinkable" (pupils: 9%; students: 6%) or "not drinkable everywhere" (pupils: 9%; students: 20%). The adjacent comments often point to contaminated groundwater situations, e. g. caused by agricultural fertilizers, obsolete pipelines or missing background knowledge. Surprisingly, a very common concern dealt with too high lime content which was even seen as dangerous for humans. As a result, participants rated drinking water is undrinkable. Altogether, we found no significant differences between the answer frequency of pupils and university students, [chi-square] (3) = 7.30, $p = 0.063$.

CQ 2. Is supermarket or tap-water better controlled?

Tap-water was widely regarded as analytically better controlled than bottled water (52% pupils, 62% students), only a minority reporting supermarket water as better controlled (30% pupils and 18% students). Further explanatory arguments for tap-water included its general availability, its large quantity and even its lower likelihood of contamination due to a higher control density due to governmental regulations. Those who considered supermarket water as better controlled, argued that it is treated like all food articles. Some participants saw both kinds of water as equally well controlled (12% pupils, 15% students), expecting high quality for both. Again, differences in the conception between the two groups were not found: [chi-square] (3) = 5.617, $p = 0.132$.

CQ 3. Would you prefer a glass of tap-water or bottled water?

Bottled water was preferred by both 10th graders and undergraduates (Figure 1). Significant differences between pupils and undergraduates do exist ([chi-square] (3) = 12.372, $p = 0.006$), however, in the preference for drinking tap-water, where students outnumbered pupils ([chi-square] (1) = 8.435, $p = 0.004$, *contingency coefficient* = 0.178). The odds ratio showed students' consumption of tap-water to be more than twice as high as that of pupils. In contrast, pupils drink bottled water significantly more often ([chi-square] (1) = 7.769, $p = 0.005$, *contingency coefficient* = 0.171). The odds ratio showed pupils' consumption of bottled water to be more than twice that of students. Interestingly, both groups use similar arguments for justification: The advantages of tap-water were low costs, easy availability and good quality, for bottled water, a better taste and the availability of sparkling water. Pupils and students used the tap-water's lime content as an indication of quality (pupils: 21%, students: 32%; [chi-square] (1) = 3.840, $p = 0.050$, *contingency coefficient* = 0.121): High hardness of water was linked with low quality:

OQ 4. Where is our drinking water purified?

This open question produced three main categories of responses: "sewage treatment plant", "water treatment plant" and "waterworks". Only few participants were aware that German drinking water is purified at waterworks (pupils: 11%; students: 6%; [chi-square] (1) = 2.144, $p = 0.143$, *contingency coefficient* = 0.091). Most frequently participants checked "sewage treatment plant" (pupils: 35%; students: 31%) or "water treatment plant" (pupils: 25%; students: 25%) as the source for purification.

Especially in the category of "water treatment plant" the participants had some conceptions, but did not know the correct scientific term. Examples of responses for this category were: "in a plant where water is purified" or "in a water filtration plant". We decided that "waterworks" and "water treatment plant" were two categories. One example for a response in the category "waterworks" was "drinking water is purified in waterworks".

Some answers did not fit any category such as: "Drinking water is purified by a special industry", "it is purified by a filter system" or "it is purified by the earth". Here we decided on the category of "other". Differences between pupils and students do not exist: [chi-square] (4) = 5.785, $p = 0.216$.

OQ 5. Guess when drinking water will be used up on our planet!

Five categories, as shown in Figure 2, covered all answers: Only few participants saw drinking water as an unlimited resource due to a perpetual cycle (Figure 2). Few others also stated that it can never be used up, by stating reasons like "it can be generated", "we find new techniques for water extraction" or "never if you can convert salt water into drinking water". Most participants rated drinking water as used up within the next one to a thousand years. Fewer participants judged it as lasting even longer, up to millions of years and provided answers like "the world will perish before/as long as the planet lives there will be water". Some answers did not fit any category such as: "with global warming it goes faster" or "when the glaciers have melted". Here we decided on the category of "other" (Figure 2). The results revealed differences in the conceptions of pupils and university students: [chi-square] (5) = 15.383, $p = 0.009$. These differences originated from the category "in several 1000 to millions of years", [chi-square] (1) = 11.809, $p = 0.001$, *contingency coefficient* = 0.210. The odds ratio indicates that pupils' scores outnumbered the students' ones 5.73 times.

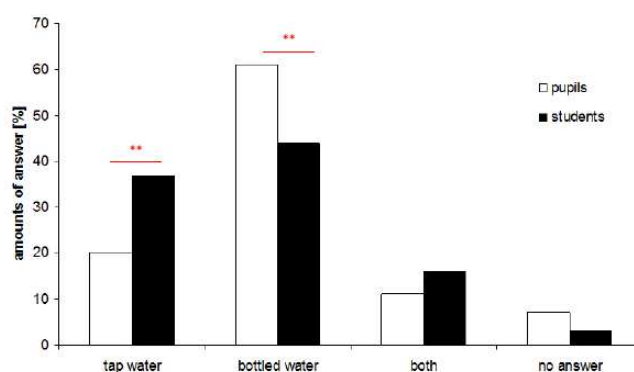


Figure 1. Categories for pupils' and students' statements to the open question "Would you prefer a glass of tap-water or bottled water?".

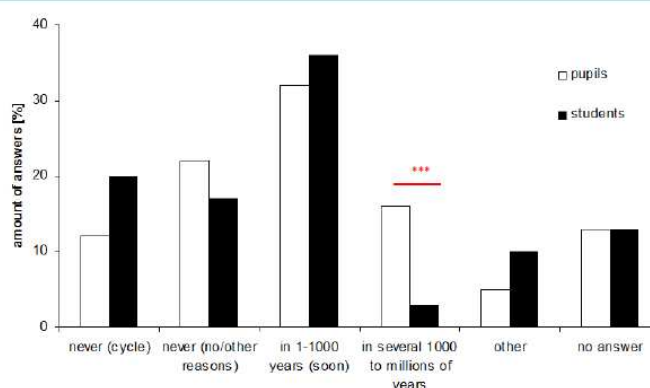


Figure 2. Categories for pupils' and students' statements to the open question: "Guess when drinking water will be used up on our planet!".

OQ 6. What is meant by "virtual water"?

Only few participants saw virtual water as used for the production of products ("water for production of products"; **Figure 3**). Some think it may be water displayed by a computer or in the internet ("water in computer/internet"). Nevertheless, most respondents had never heard of it or gave no answer. Examples of responses which cannot be categorized were: virtual water is "fake water that does not exist", "only theoretically available", "on the stock exchange traded water" or "water that is man-made" (all in the category "other"; **Figure 3**). The statements about virtual water led to the greatest differences between the two test groups, pupils and students, [chi-square] (3) = 37.263, $p < 0.001$.

In all four categories significant differences appeared: The category "water for production of products" revealed the strongest differences (pupils: 2%, students: 22%; [chi-square] (1) = 23.260, $p < 0.001$, *contingency coefficient* = 0.288). The category "water in computer/internet" has a significant difference (pupils: 15%, students: 3%; [chi-square] (1) = 10.832, $p = 0.001$, *contingency coefficient* = 0.201). The odds ratio revealed that the number of pupils thinking virtual water is "water in computer/internet" is 5.42 times higher than the number of students. A highly significant difference has the category "never heard" (pupils: 67%, students: 49%; [chi-square] (1) = 8.412, $p = 0.004$, *contingency coefficient* = 0.178).

4. Discussion

4.1. Scientifically Correct Conceptions

Within the first statement about drinking water judgments in Germany ("Is tap-water in Germany drinkable without worries?"), our results more or less correspond with our expectations and the literature. The majority of our participants (about 70%) demonstrated correct conceptions about drinking water qualities and its drinkability. In Germany drinking water is consumable without worries at all times [2]. The second statement supported the first: The majority of participants were convinced of the high quality of German drinking water. About 50% declared tap-water to be better controlled than supermarket water. As in the UK and Portugal [23], drinking water was classified as being of high quality, which again corresponds to the current status in Germany. In the comparison between the national drinking water regulation and the regulation of mineral water, drinking water is judged as analytically tested for significantly more pollutants than bottled water. Subsequently, most participants of our study have the right conception about the quality of drinking water/tap-water. They have strong confidence in the quality of national tap-water. This is for example different in the US: Saylor, Prokopy and Amberg [25] reported a substantial decrease in the faith of the American public in tap-water, whereas the confidence in bottled water seems to increase. In contrast to this result, in our sample a decline in positive judgments in drinking water does not appear; and more, there is strong confidence in German national drinking water/tap-water.

Considering the first and second statement, it is surprising that all participants know about the very good quality of tap-water in theory, but still both samples consume more bottled water-pupils significantly more than students. This is quite in line with the international situation: Parag and Roberts [24], for instance, described for

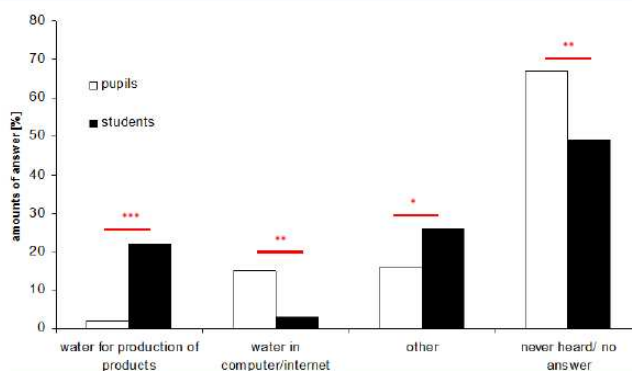


Figure 3. Categories for pupils' and students' statements to the open question "What is meant by 'virtual water'?"

the most developed countries (e.g., US, UK, French, etc.), where water qualities in general are good, an increasing bottled water consumption. In our study, particularly the younger participants consume significantly more bottled water than the older. Students report significant higher tap-water consumption than pupils, while the tap-water and bottled water consumers of students are nearly equal in number. This is in line with the results by Saylor, Prokopy and Amberg [25] from the US where more undergraduate students than graduate students preferred bottled water. That the older ones consume more tap-water than the younger indicates a certain confidence in tap-water, which contradicts the results of Saylor, Prokopy and Amberg [25]. Nevertheless, considering the fact that women drink more bottled water than men we came to the same conclusion as the authors mentioned above. Of course, the reasons for the various uses of drinking water are different. Most of the arguments raised in our sample (in favor of bottled water consumption with regard to safety and taste) are in line with other studies [24] [25]. Especially the taste and the sparkling feeling are the main reasons for preferring bottled water. As in Canada and France [26] [27], German participants seem to combine organoleptics, such as taste or odor with their preference of bottled water. In accordance with the literature [5] [28], we detected the hardness of water as another reason: Some participants refused to drink tap-water because of high lime contents. Apparently reinforced by the (commercial) media, hard water is considered bad water. Due to the fact that it is destroying and calcifying washing machines, it is also regarded as harmful to humans. This correlation surprises, since drinking hard water is not only harmless to our health, its calcium and magnesium contents provide important ingredients in our diet. In the present study, it was even more surprising that our older participants tended to ascribe to this concept: All of them must have known the chemical background from their high school science education, since without passing such chemistry examinations no admission to university is granted. Apparently, in this specific issue, students did not sufficiently link lesson contents with everyday knowledge.

A similar effect was described by Niebert and Gropengießer [31] in their study of concepts of climate change: Students mainly saw carbon dioxide "as something unnatural, chemical or toxic [...]" by statements like "normal air has no carbon dioxide" (p. 609). Some students even did not count carbon dioxide as a natural component of the atmosphere, just like the lime content concept in our study.

The very same ions (calcium, magnesium, etc.) are regarded as healthy in bottled water; most brands even use such contents as promotion arguments. Consequently, clarification of facts is needed about substances in drinking water and their relevance for human health. Another reason for the higher bottled water consumption of pupils may simply lie in copying parents' behavior. University students usually live alone and often declare economic reasons to drink tap-water: Actually, it is much cheaper than bottled water. In line with the literature [24] [26], substantial conservational reasons (for example, to avoid transport efforts) are other reasons to prefer tap-water. Further studies about the potential influences of age or education levels would provide helpful background information.

4.2. Alternative Conceptions

Alternative conceptions were examined in our fourth statement: Astonishingly, the majority of both samples

thought our drinking water was purified in sewage plants. In fact, there is nowhere in Germany where drinking water is supplied directly from sewage plants. These facilities purify waste water before releasing it back into nature. Probably the term “sewage plant” is just misused in place of “waterworks”. The latter simply refine already pure water before distributing it to the suppliers who by the way make drinking water/tap-water the best controlled food. Some participants even stated that drinking water was purified in a “water treatment plant”. In agreement with the literature [6], pupils and university students (again, both groups have very similar scores) have only universal ideas about the meaning of this term: for instance, they know that another purification step is needed between sewage plant and purified drinking water, but miscalled the scientifically correct term. Just a few participants in both samples (pupils: 11%; students: 6%) indicated that drinking water is purified in waterworks. There is not a significant difference, but twice as many pupils as students knew the correct answer. Saka, Cerrah, Akdeniz and Ayas [32] found similar results in their study on genetic concepts: Although higher graders would have a better understanding, in some cases lower graders achieved better results. Year by year pupils and university students accumulate new information and individual knowledge archives become more complex. While acquired knowledge may disappear again, alternative concepts may develop without complying with the scientifically correct ones [32].

The confusion of waterworks with sewage plants mentioned above seems a harmless misconception, but the water companies often face communication problems, as some people think they need to drink the water from the sewage plant. This case occurred in the US [33] when drinking water was planned to be recovered directly from waste water. Although the engineers had guaranteed safety standards and excluded any health threats, consumers completely rejected this kind of drinking water supply.

Another alternative conception is presented by our statement five concerning the subject “water cycle”. In school, everyone learns about cycles in nature, for instance, which elements are important and how water drops run through the water cycle. However, only a few can interpret this knowledge and apply it to different topics. The majority of our participants saw water as a resource which would soon be depleted. School does not providing pupils with in-depth knowledge [17] [19], which is certainly needed for conceptual change. Especially our older participants have two different parties: Some see water as an inexhaustible and endless source; others see it as limited in the near future. Had our participants absorbed the cycle view, no such disagreement would have arisen. Even if water is heavily polluted so that purifying is difficult, it still can neither be not used up nor diminish in quantity.

It is often said [34] that water is becoming scarce and that everyone has to consume less. The media in particular report on water shortages. This applies only to areas where, due to the geological conditions, water is a limited resource anyway. Similarly, when water is removed by agriculture or industry, groundwater levels often substantially drop. In a water-rich country like Germany, where only about 20% of the available water is used [35], this issue is irrelevant.

All participants had similar perceptions regarding statements four and five. No noteworthy significant differences could be observed. This indicates constancy over ages in individual concepts of “water purification” and “water cycle”. This is in line with other scientific views, for example on climate change [18] [31], because there exist alternative conceptions which are resistant to conceptual change regardless of information given by sources like school or the media.

The last statement concerning the term “virtual water” includes another interesting alternative conception because many participants had not yet heard the term. In our collected responses some participants combine personal experience with the concept and acquire alternative conceptions. We found significantly more pupils connect virtual water to computer games or internet in comparison to university students. This naïve conception may originate in a mere linguistic aspect and individual experience, since the participants associate the term “virtual water” with computers. The word “virtual” is used in everyday language differently, as in science, and thus leads to a different understanding. This problem also affects other scientific fields such as genetics or climate change [31] [36]. In this context the linguistic similarity of the German term *Treibgas* (meaning propellant gas) and *Treibhausgas* (meaning greenhouse gas) is well-known: A more detailed expression such as “climate-active gas” might already help to clarify the confusion here [31]. Probably participants with such alternative conceptions have never heard the term before, but they developed an interpretation. This conflict is similar to other cases in the literature [6] [8] [9]. Indeed, this interpretation often does not represent the correct scientific conception, but corresponds with daily life experiences of the pupils. In this case the university students followed more frequently the scientifically correct conception. Education and instruction or age and experience [37]

seem to play a role, although the curriculum neither of 11th and 12th graders nor the undergraduate studies dealt with the subject “virtual water”. Apparently, other sources have contributed to the issue such as daily experience, TV or media. In agreement with the literature we come to the conclusion: Learners do not only acquire information from school but also from the media, such as newspapers, books or the internet [36] [38]. Posner, Strike, Hewson and Gertzog [39] have even described learning as a rational activity that is a kind of inquiry.

4.3. Strategies for Public and School Teaching

Our study shows young people expressing mainly positive attitudes towards drinking water, but also indicating knowledge gaps and alternative conceptions. For educators, it is of great interest to know students’ alternative conceptions as we have described above. Furthermore, educators need to know about potential teaching strategies available to change these conceptions. In the literature, the presentation of information and the acquisition of knowledge are identified as important factors for conceptual change [18] [19]. However, pupils sometimes cannot build upon profound scientific knowledge [17]: Their alternative conceptions may also be resistant to change as they are often grounded in everyday experiences [9].

Instruction can focus on confronting students with their alternative conceptions. This cognitive conflict strategy was found to positively influence conceptual change [18] [40] [41]. However, cognitive conflicts need a meaningful and relevant connection for students’ everyday life [42] [43]. The confrontation with individual alternative concepts can produce more positive emotions and may increase motivation for learning [20] [44]. Repetition of scientifically correct conceptions can also last longer, when students resolve the conflict with their everyday perceptions [45]. Next to the cognitive conflict strategy, where learners actively have to reorganize their knowledge, conceptual change can also “build on learners’ existing ideas and extend them through, for example, metaphor or analogy, to a new domain”. [46] (p. 2). This strategy counts on suitable program design by the educator to support scientific concepts.

Alternative conceptions can function as starter or mental instruments for learning processes [31] from which a scientific understanding can grow [15]. According to Chi [47] (p. 61), there are three different ways to achieve conceptual change in a learning process: Revision of a belief, transformation of a mental model or categorical shift. The latter is most complex, because alternative and scientifically correct conceptions fall into different lateral or ontological categories; refuting the alternative concept is therefore difficult. A possible communication strategy to change conceptions is described by Niebert and Gropengießer [31] (pp. 618-619): “1) Give students access to their conceptions; 2) discuss the consequences of the domain-specific use of the schema; 3) help students to reconstruct their conceptions to the scientific concept”. Suitable teaching approaches seem to be hands-on activities (like open inquiry based science education, experiments or “learning at workstations”) or relevant real-life topics [48]. Especially in combination with individual discussions, for example, during collaborative science activities, and reflection on the learning process, these teaching approaches can foster a change towards scientifically correct conceptions—for example on drinking water.

5. Conclusion

In conclusion, alternative conceptions in the subject of drinking water are real, in part, they differ substantially from the scientifically correct ones. This discrepancy may make communication difficult and may lead to an understanding gap. As our study shows, a strong confidence in tap water contrasts a high consumption of bottled water. This discrepancy may reason in the often existing alternative conception that tap water comes from a treatment plant. Other problems are technical terms, associated with other experiences, such as virtual water. This altogether can lead to unbridgeable misunderstandings in everyday life communication. In general, it needs mentioning that young people often build upon superficial and scientifically incorrect knowledge leading to incorrect conclusions about water. Educational efforts with in-depth analyses need to overcome these gaps.

Acknowledgements

This study was supported by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF): “RiSKWa-Verbundprojekt PRiMaT: Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung” (code: 02WRS1279L). We specifically thank all teachers, pupils and students involved in this study for their cooperation. Last but not least, we thank M. Wiseman for discussing earlier stages of our paper.

References

- [1] Grummt, H.J. (2007) The Drinking Water Quality in Germany in the Period from 2002 to 2004. An Overview. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, **50**, 276-283. <http://dx.doi.org/10.1007/s00103-007-0152-7>
- [2] Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes (BfG) an die Verbraucherinnen und Verbraucher über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland (2011). Bonn, Dessau.
- [3] Drinking Water Ordinance 2001: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung—TrinkwV 2001) vom 21. Mai 2001. BGBl. I, 959 ff.
- [4] Pereira, M.P. and Pestana, M.E.M. (1991) Pupils' Representations of Models of Water. *International Journal of Science Education*, **13**, 313-319. <http://dx.doi.org/10.1080/0950069910130309>
- [5] Bartel, H., Dieter, H.H., Feuerpfel, I., Grummt, H.J., Grummt, T., Hummel, A., Konietzka, R., Litz, N., Rapp, T., Rechenberg, J., Schaefer, B., Schlosser, F.U. and Vigelahn, L. (2010) Rund um das Trinkwasser. Umweltbundesamt (UBA), 2. Ed., Dessau-Roßlau.
- [6] Duit, R. and Treagust, D.F. (2003) Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*, **25**, 671-688. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690305016>
- [7] Tanner, K. and Allen, D. (2005) Approaches to Biology Teaching and Learning: Understanding the Wrong Answers—Teaching toward Conceptual Change. *Cell Biology Education*, **4**, 112-117. <http://dx.doi.org/10.1187/cbe.05-02-0068>
- [8] Taiwo, A.A., Ray, H., Motswiri, M.J. and Masene, R. (1999) Perceptions of the Water Cycle among Primary School Children in Botswana. *International Journal of Science Education*, **21**, 413-429. <http://dx.doi.org/10.1080/095006999290633>
- [9] Treagust, D.F. and Duit, R. (2008) Conceptual Change: A Discussion of Theoretical, Methodological and Practical Challenges for Science Education. *Cultural Studies of Science Education*, **3**, 297-328. <http://dx.doi.org/10.1007/s11422-008-9090-4>
- [10] Modell, H., Michael, J. and Wenderoth, M.P. (2005) Helping the Learner To Learn: The Role of Uncovering Misconceptions. *The American Biology Teacher*, **67**, 20-26. [http://dx.doi.org/10.1662/0002-7685\(2005\)067\[0020:HTLT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1662/0002-7685(2005)067[0020:HTLT]2.0.CO;2)
- [11] Gomez-Zwiep, S. (2008) Elementary Teachers' Understanding of Students' Science Misconceptions: Implications for Practice and Teacher Education. *Science Education*, **19**, 437-454.
- [12] Çalik, M. and Ayas, A. (2005) A Comparison of Level of Understanding of Eighth-Grade Students and Science Student Teachers Related to Selected Chemistry Concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, **42**, 638-667. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20076>
- [13] Novak, J.D. (1977) A Theory of Education. Cornell University Press, Ithaca.
- [14] Helm, H. (1980) Misconceptions in Physics amongst South African Students. *Physics Education*, **15**, 92-105.
- [15] Lewis, J. and Kattmann, U. (2004) Traits, Genes, Particles and Information: Re-Visiting Students' Understandings of Genetics. *International Journal of Science Education*, **26**, 195-206. <http://dx.doi.org/10.1080/0950069032000072782>
- [16] Dickerson, D., Callahan, T.J., Van Sickle, M. and Hay, G. (2005) Students' Conceptions of Scale Regarding Groundwater. *Journal of Geoscience Education*, **53**, 374-380.
- [17] Fröhlich, G., Goldschmidt, M. and Bogner, F.X. (2013) The Effect of Age on Students' Conceptions of Agriculture. *Studies in Agricultural Economics*, **115**, 61-67. <http://dx.doi.org/10.7896/j.1301>
- [18] Sellmann, D. and Bogner, F.X. (2012) Education in Global Climate Change at a Botanical Garden: Students' Perceptions and Inquiry-Based Learning. In: Filho, W.L., Ed., *Climate Change and the Sustainable Use of Water Resources*, Springer, Berlin Heidelberg, 779-786. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-22266-5_47
- [19] Vosniadou, S. and Brewer, W.F. (1992) Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology*, **24**, 535-585. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90018-W](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(92)90018-W)
- [20] Franke, G. and Bogner, F.X. (2013) How Does Integrating Alternative Conceptions into Lessons Influence Pupils' Situational Emotions and Learning Achievement? *Journal of Biological Education*, **47**, 1-11. <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2012.716777>
- [21] Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. and Papademetriou, E. (2001) Designing Learning Environments to Promote Conceptual Change in Science. *Learning and Instruction*, **11**, 381-419. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00038-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00038-4)
- [22] Franke, G., Scharfenberg, F.J. and Bogner, F.X. (2013) Investigation of Students' Alternative Conceptions of Terms

- and Processes of Gene Technology. ISRN Education.
- [23] Doria, M.F., Pidgeon, N. and Hunter, P.R. (2009) Perceptions of Drinking Water Quality and Risk and Its Effect on Behavior: A Cross-National Study. *Science of the Total Environment*, **406**, 5455-5464. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.06.031>
- [24] Parag, Y. and Roberts, J.T. (2009) A Battle against the Bottles: Building, Claiming and Regaining Tap-Water. *Society and Natural Resources*, **22**, 625-636. <http://dx.doi.org/10.1080/08941920802017248>
- [25] Saylor, A., Prokopy, L.S. and Amberg, S. (2011) What's Wrong with the Tap? Examining Perceptions of Tap Water and Bottled Water at Purdue University. *Environmental Management*, **48**, 588-601. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-011-9692-6>
- [26] Doria, M.F. (2006) Bottled Water versus Tap Water: Understanding Consumers' Preferences. *Journal of Water and Health*, **4**, 271-276.
- [27] Doria, M.F. (2010) Factors Influencing Public Perception of Drinking Water Quality. *Water Policy*, **12**, 1-19. <http://dx.doi.org/10.2166/wp.2009.051>
- [28] Institut Francais de L'Environnement (IFEN) (2000) La preoccupation des francais pour la qualite de l'eau. *Les Donnees de L'Environnement*, **57**, 1-4.
- [29] Mayring, P. (2008) Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Deutscher Studienverlag, Weinheim.
- [30] Cohen, J. (1960) A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, **20**, 37-46. <http://dx.doi.org/10.1177/001316446002000104>
- [31] Niebert, K. and Gropengießer, H. (2011) "CO₂ causes a Hole in the Atmosphere": Using Laypeople's Conceptions as a Starting Point to Communicate Climate Change. *Climate Change Management*, **37**, 603-622. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-14776-0_37
- [32] Saka, A., Cerrah, L., Akdeniz, A.R. and Ayas, A. (2006) A Cross-Age Study of the Understanding of Three Genetic Concepts: How Do They Image the Gene, DNA and Chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, **15**, 192-202. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-006-9006-6>
- [33] Hartley, T.W. (2006) Public Perception and Participation in Water Reuse. *Desalination*, **187**, 115-126. <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.072>
- [34] Grimm, V., Glauner, C., Eickenbusch, H. and Zweck, A. (2008) Wasserknappheit & Technologie Übersichtsstudie. Zukünftige Technologien. Düsseldorf, 76.
- [35] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2011) Wasserwirtschaft in Deutschland. Berlin.
- [36] Shaw, K.R.M., Van Home, K., Zhang, H. and Boughman, J. (2008) Essay Contest Reveals Misconceptions of High School Students in Genetics Content. *Genetics*, **178**, 1157-1168. <http://dx.doi.org/10.1534/genetics.107.084194>
- [37] Vosniadou, S. and Brewer, W.F. (1987) Theories of Knowledge Restructuring in Development. *Review of Educational Research*, **57**, 51-67. <http://dx.doi.org/10.3102/00346543057001051>
- [38] Österlind, K. (2005) Concept Formation in Environmental Education: 14-Years Olds' Work on the Intensified Greenhouse Effect and the Depletion of the Ozone Layer. *International Journal of Science Education*, **27**, 891-908. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690500038264>
- [39] Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. and Gertzog, W.A. (1982) Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, **66**, 211-227. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- [40] Dreyfus, A., Jungwirth, E. and Eliovitch, R. (1990) Applying the "Cognitive Conflict" Strategy for Conceptual Change—Some Implications, and Problems. *Science Education*, **74**, 555-569. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730740506>
- [41] Lee, G., Kwon, J., Park, S.S., Kim, J.W., Kwon, H.G. and Park, H.K. (2003) Development of an Instrument for Measuring Cognitive Conflict in Secondary-Level Science Classes. *Journal of Research in Science Teaching*, **40**, 585-603. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.10099>
- [42] Limón, M. (2001) On the Cognitive Conflict as an Instructional Strategy for Conceptual Change: A Critical Appraisal. *Learning and Instruction*, **11**, 357-380. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00037-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00037-2)
- [43] Weaver, G.C. (1998) Strategies in K-12 Science Instruction to Promote Conceptual Change. *Science Education*, **82**, 455-472.
- [44] Franke, G. and Bogner, F.X. (2011) Cognitive Influences of Students' Alternative Conceptions within a Hands-On Gene Technology Module. *The Journal of Educational Research*, **104**, 158-170. <http://dx.doi.org/10.1080/00220671003636745>
- [45] Franke, G. and Bogner, F.X. (2011) Conceptual Change in Students' Molecular Biology Education: Tilting at Windmills? *The Journal of Educational Research*, **104**, 7-18. <http://dx.doi.org/10.1080/00220670903431165>

- [46] Scott, P.H., Asoko, H.M. and Driver, R. (1992) Teaching for Conceptual Change: A Review of Strategies. In: Duit, R., Goldberg, F. and Niederer, H., Eds., *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*, IPN—Institute of Science Education, Kiel, 310-329.
- [47] Chi, M.T.H. (2008) Three Types of Conceptual Change: Belief Revision, Mental Model Transformation, and Categorical Shift. In: Vosniadou, S., Ed., *International Handbook of Research on Conceptual Change*, Routledge, New York, 61-82.
- [48] Landis, J.R. and Koch, G.G. (1977) The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, **33**, 159-174. <http://dx.doi.org/10.2307/2529310>

5.4. Teilarbeit B

Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences.

Fremerey, C. & Bogner, F. X. (2014)

Studies in Educational Evaluation

(in press)

Submitted to:

Studies in Educational Evaluation

Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences

Christian Fremerey & Franz X. Bogner

Z-MNU (Centre of Mathematics & Science Education), Department of Biology Education,
University of Bayreuth, Germany

Corresponding author: Email: Christian.Fremerey@uni-bayreuth.de, Tel: [+49](0)921/55
3928, Fax: [+49](0)921/55-2696

Abstract

Authentic activities in school are rare although they probably lead to longer lasting learning. In our study, 185 fifth to seventh graders participated in an out-of-classroom lesson at a major water supply institution. After an introductory film presentation, participants proceeded to authentic learning sites with the major machinery involved in water purification. We monitored participants' environmental attitudes (using 2-MEV scale), newly acquired knowledge, and responses to semantic-differential-items. While knowledge and the value of Preservation correlated significantly with cognitive learning achievement levels, the one of (exploitative) Utilisation did not, neither short- nor long-term. Selected semantic-differential-items such as 'easy to understand' and 'motivating' showed positive correlation with acquired knowledge levels. The relevance for school is discussed.

Keywords

Authentic learning; drinking water; 2-MEV; Preservation and Utilisation; cognitive knowledge; semantic differential.

Introduction

Clean drinking water is an indispensable basis for our living and that is why state authorities provide a continuous review of drinking water supplies, following the national and European Community directive for drinking water (BBGU, 2011 (report of the federal ministry of health and the federal environmental agency); Grummt, 2007). The directive sets out parameters for drinking water defining detailed requirements, especially at the extraction points with their subsequent control mechanism. A regular testing scheme provides the basis for the excellent water quality in most developed countries (Bartel et al., 2010; BBGU, 2011; Doria, Pidgeon & Hunter, 2009). However, the resource water continuously needs to be protected by everyone. Therefore, nationwide educational efforts are necessary. For supporting this goal, authentic outreach sites are regarded as appropriate information and coaching sites. Lake Constance Water Supply, as the largest water supplier in Germany, follows a communication policy of openness including guided tours for the general public. This opportunity includes educational activities to school groups offering authentic environments and access to selected supply sources. Two full-time educators manage the intricate educational programme. The purpose is to cognitively inform participants about the institutional work in specific and the importance to protect the resource water in general. The aim of our paper is to investigate the effect of this short-term authentic learning programme on cognitive achievement and the relationship between knowledge and green attitude preferences.

The Integration of working life experience is an integral goal of school education as well. A popular way to provide it, are for instance guided factory tours (Kaibel, Auwärter & Kravcik, 2006). Due to tight school schedules one-day educational modules are more likely as well as they match the school curriculum better (Sellmann & Bogner, 2013). Short-term authentic learning environments provide additional values compared to classroom lessons (e.g., Scharfenberg & Bogner, 2013; Herrington & Oliver, 2000). The latter described authentic learning environments as a vivid connection to reality which may substantially support cognitive learning. Such out-of-classroom lessons may offer first-hand experience and assist pupils to better understand the content (Stein, Isaacs & Andrews, 2004). In authentic learning environments “participants see, hear, smell and feel their environment” (Kaibel et al., 2006; p. 203). Knowledge is presented in different ways as it is in line for instance with Mayer (2001) who sees in multimedia learning the major advantage of acquiring cognitive knowledge via different channels. In line with more recent studies (e.g. Pöhlh & Bogner, 2013; Holzinger, Kickmeier-Rust, Wassertheurer & Hessinger, 2009), a multimedia learning inclusion into learning modules is expected to produce a higher learning success. Especially in green environments authentic experiences often affect individual environmental perception levels (Johnson & Manoli, 2010) and last longer (Liddicoat & Krasny, 2014). Kaiser, Roczen

and Bogner (2008) showed in their empirical model that knowledge and environmental attitudes play an important role to reach an individual behaviour level. One-day environmental education programmes, however, in general, are not expected to affect attitude or behaviour, but regularly may show significant positive effects on knowledge (e.g. Bogner, 1998). Nevertheless, the main purpose of one-day interventions is to acquire new knowledge as well, because acquisition of knowledge is an essential indicator for educational success. Outdoor experiences have positive effects and contribute to cognitive development (Backman & Crompton, 1984). This is in line with more recent literature: Fancovicova and Prokop (2011) compared an outdoor learning group with a classroom control group. The topic of both interventions was plants. Pupils in the outdoor intervention yielded higher knowledge scores which remained constant even after three months. Sellmann and Bogner (2012) showed for a one-day educational intervention in a botanical garden a positive cognitive learning effect as well: An even higher achievement is possible, if the intervention is embedded into teaching units before and after. Kossack and Bogner (2012) additionally reported for one-day educational programmes high motivation scores like Herrington and Oliver (2000) did for authentic environments. Therefore, one-day educational programmes offer potential, especially in view of existing realities in classroom schedules.

Until the mid-1990s, there was a dearth of established psychometric instruments for monitoring adolescent environmental awareness, especially when requesting conventional psychometric standards (e.g., Leeming, Dwyer, Porter & Cobern, 1993). Bogner and Wilhelm (1996) first employed age-appropriate items to capture as many facets of adolescent environmental awareness as possible, presenting a pilot questionnaire consisting of about 70 items, which due to time constraints in outreach sites was difficult to administer. After subsequent studies had applied the scale in different European countries, a bipolar higher-order structure based on a 20-item instrument was extracted and labelled 2-MEV (2-Major Environmental Values) (Wiseman & Bogner, 2003; Bogner & Wiseman, 1999; 2002; 2006). This two-dimensional structure provides the potential to determine preferences in both environmental Preservation as well as Utilisation (Wiseman & Bogner, 2003), which are the two higher order factors of the model. High scores in Preservation signal a positive preference in environmental attitudes and conservation. High scorers in Utilisation are more likely to prefer using/exploiting nature than conservation.

Subsequent studies of independent research groups have retested and confirmed the hypothesized dichotomous 2-MEV model of Bogner and Wiseman (1999) with samples from New Zealand (Milfont & Duckitt, 2004), the US (Johnson & Manoli, 2008; 2010) and Belgium (Boeve-de Pauw & Van Petegem, 2010; 2011). Therefore, the 2-MEV is considered to be a reliable and valid measurement tool for the determination of green attitude preferences. In general, a gender difference appeared showing girls as more engaged in environmental

protection (Bogner & Wilhelm, 1996; Bogner & Wiseman, 2006). Similarly, Wiseman, Wilson and Bogner (2012) reported female respondents as yielding significantly higher mean scores on Preservation; in contrast, boys tend to score higher on Utilisation. The objectives of our present study were two-fold: First, we focused on cognitive knowledge acquisition during an authentic water supply module and, second, we monitored potential differences in attitudinal extreme groups. Specifically, we focused on (a) cognitive learning potential as well as (b) on potential correlations between knowledge increase and environmental attitude preferences, which we expected unchanged by our short-term intervention and (c) potential correlations between knowledge increase and the individual statements on selected semantic differential preferences. With the selected semantic differential we intend to test whether personal feelings are important for learning in an environmental programme.

Methods

A sample of 185 fifth to seventh graders (average age of 11.7 year; $SD = 0.85$) participated in our study using a pre-/post-test design. 47% were females. The gender ratio was balanced and none of the pre-scores produced gender-dependent significant differences. Our sample came from eight different classes from five different locations in the state of Baden-Württemberg (Germany). Despite of the age imbalance, no significant differences in knowledge between younger and older pupils were found. A paper-and-pencil-test with ten closed questions on the topics of drinking water, supply of water, and the water supply institution was applied (Table 1). We opted for a specific knowledge questionnaire as our intervention was a content specific one (cf. Pöhl & Bogner, 2013 or Sellmann & Bogner, 2012). Each question consisted of four multiple choice items, of which only one was correct. The knowledge-questionnaire was completed three times: The pre-test two weeks before the intervention, the post-test directly after the intervention and the retention test about six weeks later. Additionally, during participation all participants responded to semantic differential items, immediately after module completion. Four statements needed response, whether the activity was: clear or not clear, essential or ineffectual, easy to understand or difficult to understand, more motivating or not motivating.

The 2-MEV scale is designed to measure two orthogonal aspects of environmental values: Preservation and Utilisation (Wiseman & Bogner, 2003; Bogner & Wiseman, 1999; 2002; 2006). This scale has a high validity and objectivity and has been independently confirmed by several research groups. For specific water related attitudes, there is no sufficient scale available and, in this present study, we opted for the multiply confirmed MEV-scale rather than developing a new ad-hoc scale. For this reason, we choose to use a general measure for attitudes. The environmental attitude set (the 2-MEV) was completed before our intervention, thus the scores of each participants could be connected to each learning score.

A control group of 34 pupils (of similar age group and educational level) completed the same multiple-choice tests as the treatment group, but without participation in our intervention.

The Lake Constance Water Supply company represents the largest national drinking water supplier (BWV, 2012). Lake Constance is 63 km in length, 14 km in width, with an area of 536 m² on the border of Germany, Switzerland and Austria; it contains approximately 50,000 million m³ of water and is the largest drinking water reservoir in Europe (BWV, 2012).

Regular sample analyses always showed scores below the strict threshold limits of drinking water standards (Drinking Water Ordinance, 2001): Low nitrate content of 4.5 mg per litre (threshold limit: 50 mg/l) and a very low phosphate content of <0.0025 mg per litre (threshold limit: 6.75 mg/l) (BWV, 2012; Drinking Water Ordinance, 2001). Due to strict legislation protection measures, most German water supply institutions need just a few steps to produce high quality levels. Extraction methods vary and rely on, for example, sand layers, micro- or activated carbon filters, disinfection procedures with ozone, UV light or sometimes small amounts of chlorine, in order to guarantee high safety standards.

Our educational intervention took place in the Lake Constance water supply institution. A factory tour lasts approximately about 2 hours. About 16,000 people (total numbers of visitors in 2013) visit the site per year, including about 2,500 pupils (in 2013: 2570) of all grades. An introductory DVD-film (see <http://www.youtube.com/watch?v=ZVrS-12scjk>) provided information about the supply institution which distributes daily drinking water to about four million people per year (BWV, 2012). The water passes through three purification steps to transform into drinking water: (1) micro-strainers (with 15µ micron meshes) to remove algae and suspended ingredients; (2) disinfection by highly active oxygen (ozone) to remove dissolved organic substances such as micro-organisms; (3) sand filters to complete purification of water. The tour through the water supply system covers all the decisive sites of the institution. In all stages, participants could compare the media information with the authentic situation and discuss the processes with the educators, for instance, how far the water must be purified until it is drinkable without worries. The educators always followed a strict scheme, so that every class has the same experiences.

Cronbach's alpha was calculated (pre-test: 0.824) for the ad-hoc knowledge-questionnaire: This value is above the usual threshold of 0.75 and represented ("very") high concordance (Diehl & Staufenbiel, 2002; p.161). Similarly, the difficulty index of each question was analysed (amount of right answers/ amount of all answers). For each question, the difficulty index should lie between 0.2 and 0.8 (Bortz & Döring, 2006; p. 219; please refer to Table 1): The more correct answers there are for a question, the easier it is: Simple questions had a high difficulty index. Subsequently, highly difficult questions with no correct answers or too easy ones with a lot of correct answers were excluded (Bortz & Döring, 2006; p. 219). Bortz

and Döring (2006) pointed out that the main part of questions should follow moderate difficulty with just a few easy or difficult ones. This achieved a better division of the investigative group. The difficulty indices were normally distributed (Kolmogorov-Smirnov, corrected with Lilliefors: T0, $p = .069$; T1, $p = .200$; T2, $p = .200$), what is also very useful according to the literature.

Table 1: *Difficulty indices of the ten questions on all tests with three selected sample questions.*

question	difficulty index			
	T0 (pre-test)	T1(post-test)	T2 (retention-test)	
Q 1	0,2	0,4	0,3	The amount of water which is taken by the 'Bodenseewasserversorgung' from the Lake Constance every year is... a) half as large as the amount of the naturally evaporated. b) half as large as the amount of rainwater that falls into the lake. c) half as large as the amount of fresh water that flows from rivers. d) half as large as the amount of water that flows from the lake.
Q 2	0,2	0,6	0,5	
Q 3	0,1	0,6	0,2	
Q 4	0,1	0,3	0,2	
Q 5	0,2	0,8	0,7	How long does it take to transport the water from Lake Constance to Stuttgart? a) 2 days b) 2 hours c) 1 week d) 2 weeks
Q 6	0,4	0,6	0,5	
Q 7	0,3	0,7	0,7	
Q 8	0,5	0,7	0,8	What is the main purpose of a waterworks? a) It cleans waste-water, so that it can be fed back into nature. b) It has the purpose of producing hydroelectric power. c) It makes water so clean that you can drink it. d) It provides mineral manufactures for sale.
Q 9	0,2	0,5	0,5	
Q 10	0,3	0,8	0,8	

Responses to the knowledge questions' were sum-scored, a correct answer scored with 1, an incorrect with 0. The 2-MEV scale employs a response scale of 5 to 1 ('strongly agree' (5); 'undecided' (3); 'strongly disagree' (1) (Bogner & Wilhelm, 1996). The 5-point semantic differential consisted of items such as 'easy to understand' and 'difficult to understand'. For all analyses, we used SPSS (version: IBM SPSS Statistic 21).

Results

At first, we tested the distribution of our data: Kolmogorov-Smirnov, corrected with Lilliefors, indicated a high significance ($p < .001$) for the knowledge-data; the Q-Q diagrams confirmed the lack of normality. Hence we examined knowledge by using non-parametric tests. As expected, the 2-MEV-scores were normally distributed (a Kolmogorov-Smirnov application, corrected with Lilliefors, indicated no significance: $p = .20$). The mean sum scores of correct answers were: pre-test: 2.35, SD = 1.60; post-test: 6.19, SD = 2.20; and in the retention test six weeks later: 5.19, SD = 1.83. Figure 1 shows the learning effect due to the intervention.

We knew that this figure is normally applied when using parametric tests. Nevertheless, we found it appropriate to display the differences between the test times. We calculated the differences between the three test times using the Wilcoxon-test. There were highly significant differences found: KN0-KN1: $p < .001$; KN0-KN2: $p < .001$; KN1-KN2: $p < .001$. The control group showed no differences ($.686$; $T = .407$) between the tests. The mean score of KN0 = 2.59, with SD = 1.46 and KN1 = 2.47, with SD = 1.69.

Female participants scored significantly ($p = .013$; $T = 2.513$) higher on Preservation (girls: $.248$; SD = $.845$) (boys: $-.176$; SD = 1.042) while they did not in Utilisation ($.362$; $T = .915$) (girls: $-.092$; SD = $.840$; boys: $.071$; SD = 1.122). We received mean scores less than 1.0, because we used factor scores, which had mean 0 and SD 1. Factor scores consider the weight of items and, thus, portray the treatment group more accurately. We correlated the two factor scores (PRE) and (UTIL) with the mean scores of knowledge scores (KN0, KN1, KN2) (Table 2).

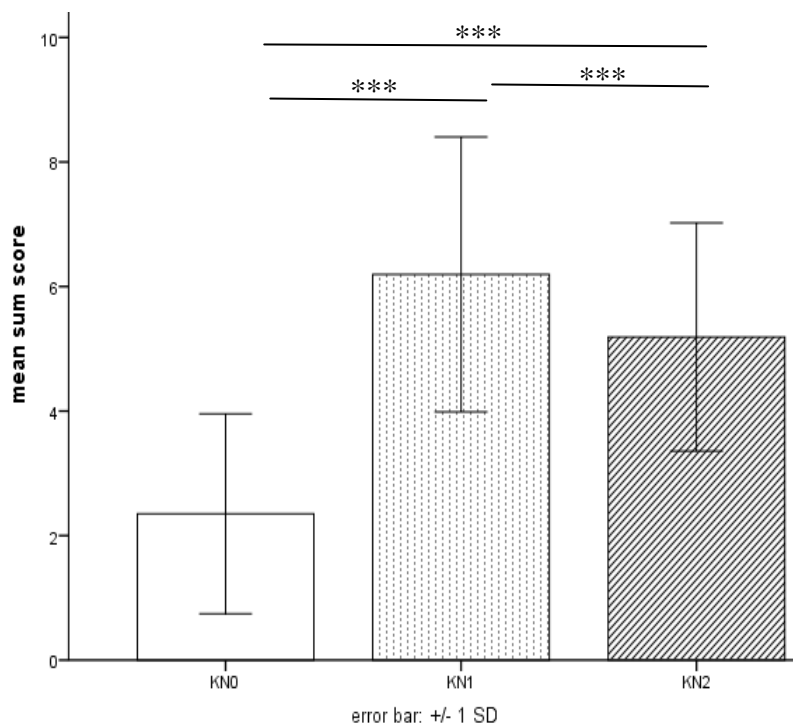


Figure 1: *The mean sum score of the knowledge test of the three tests.*

Table 2: *Correlations between factor score of Preservation and Utilisation and sum score of cognitive knowledge*

		2- MEV test		knowledge test		
		PRE	UTIL	KN0	KN1	KN2
PRE	correlation coefficient	/	n. s.	n. s.	,235	,189
	significance				,005	,026
UTIL	correlation coefficient	n. s.	/	n. s.	n. s.	n. s.
	significance					

Table 2 details significant correlation levels between Preservation and the newly acquired knowledge for both testing cycles, KN1 and KN2. Utilisation scores had no effect on the knowledge. This is also the case for both preferences with regard to the pre-knowledge (KN0).

Table 3: *Correlations between cognitive knowledge sum scores*

		KN0	KN1	KN2
KN0	correlation coefficient	/	,148	,204
	significance		,045	,005
KN1	correlation coefficient	,148	/	,427
	significance	,045		,000
KN2	correlation coefficient	,204	,427	/
	significance	,005	,000	

There is a significant correlation between KN0 and KN1 and between KN0 and KN2: pupils with high pre-knowledge reach high values in post- and retention-knowledge after learning. The strongest significant correlation is between KN1 and KN2 (correlation coefficient: .427; significance: .000). Pupils with a high level of post-knowledge also obtain a high level of retention-knowledge. Finally, we correlated the mean scores of pre-knowledge (KN0), post-knowledge (KN1) and retention-knowledge (KN2) with scores on the four semantic differential items.

Table 4: *Correlation between semantic differential and cognitive knowledge*

		KN0	KN1	KN2
SD1 (clear)	correlation coefficient	n. s.	n. s.	n. s.
	significance			
SD2 (essential)	correlation coefficient	n. s.	,165	,160
	significance		,029	,033
SD3 (easy to understand)	correlation coefficient	n. s.	,164	,274
	significance		,028	,000
SD4 (motivating)	correlation coefficient	n. s.	,290	,212
	significance		,000	,004

Table 4 shows that semantic differential scores do not correlate with pre-existing knowledge levels. However, they do correlate with short-and long-term acquired knowledge: SD1 and SD2 correlated less or not significantly at all, and SD3 and SD4 more strongly with post- and retention-knowledge.

Discussion

The cognitive learning outcome of our study is encouraging: Some results correspond to the literature or were otherwise expected, others contribute to an in-depth planning of

educational interventions. As expected, building upon pre-existing knowledge, students individually learn cognitively in the programme (see Figure 1). On average, our participants were able to answer two out of ten questions correctly before the intervention; immediately after the intervention, on average six out of ten were answered correctly. Even six weeks later, participants were still able to answer five out of ten questions correctly, on average. Such scores are encouraging, because they demonstrate long-lasting cognitive learning effects even of short-term activities. This pattern smoothly corresponds to the literature: For instance, Bogner (1999), Fancovicova and Prokop (2011), Kossack and Bogner (2012) or Sellmann and Bogner (2012) also showed significant knowledge gain achievements in short-term environmental programmes. The positive effect on knowledge acquisition in our study lasted over a period of six weeks, which is in line with Bogner (1998), who had expanded the monitoring period to six months, or Fancovicova and Prokop (2011) where knowledge scores remained constant for three months.

The intervention design could explain the high degree of acquired knowledge. It is known that people follow different learning strategies (Pöhl & Bogner, 2013) and can acquire cognitive knowledge via different channels (e.g. Weidenmann, 1997; Mayer, 2003). Learning programmes should therefore present information in different ways: Mayer (2001) described this approach as advantageous to mediate information with multimedia learning (e.g. combining spoken words and visual pictures), thus expecting students as learning more from multimedia presentations than just from verbal messages. Mayer (2003) postulated a combination of pictures subtitled with words as more effective for a deeper learning. This is in line with a study of Pöhl & Bogner (2013) about learning with computer-based multimedia. They demonstrated that a group with a computer-based learning unit reached higher cognitive achievement than a group subjected to a textbook-based learning unit. In contrast to our study, Pöhl & Bogner (2013) described for young women a higher long-term learning, although with a small effect size. In our study, no gender differences were found. A higher learning success in units with an included simulation programme (like a computer-based learning unit) compared to text-based units is in line with other studies (e. g. Holzinger et al., 2009). Similarly, boys and girls equally seem to reach highest knowledge acquisition levels with simulation programmes when additional support was provided. Thus, it is important for learners to receive additional learning instructions in multimedia learning programmes (Holzinger et al. 2009; Pöhl & Bogner, 2013).

In our intervention, information was first mediated multi-medially and then authentically with verbal support within a guided tour. Some information was provided twice: first within the film and then on the authentic site itself. Consequently, participants were able to recall the very same pictures/elements twice through different learning activities. Additionally, participants gained authentic first-hand experience by observing the dimensions of the water supply

company as well as a verbal message. This authenticity outplays normal classroom lessons (e.g., Herrington & Oliver, 2000; Scharfenberg & Bogner, 2013; Fancovicova & Prokop, 2011; Kossack & Bogner, 2012).

The correlations between the testing schedules T1, T2 and T3 confirm the expected result (see Table 3). Pre-knowledge (KN0) produces a positive correlation with the post-knowledge (KN1) and retention-knowledge (KN2). Therefore, a high level of pre-knowledge assures a high post-knowledge and even stronger retention knowledge. Bogner and Wiseman (2004) as well as Conradt and Bogner (2011) have already pointed out the importance of existing pre-knowledge towards learning success. Nevertheless, we also observed a high correlation coefficient between post-knowledge (KN1) and retention-knowledge (KN2) (see Table 3). For the retention-knowledge level, the newly acquired knowledge (KN1) and the pre-knowledge (KN0) seem to play very crucial roles: The pupil who learned a lot as well as the one who already had a good pre-knowledge (KN0), retain a lot. Herewith, KN1 is more important for KN2 than KN0. This result is in line with the literature where acquired knowledge is analysed regarding its dependencies (e.g., Bogner, 1998; Bogner & Wiseman, 2004; Conradt & Bogner, 2011).

Gender differences between Preservation and Utilisation are already known (e.g., Bogner & Wiseman, 2006). Girls tend to score higher on Preservation by showing more engagement in environmental protection while boys tend to score higher on Utilisation (Bogner & Wilhelm, 1996; Bogner & Wiseman, 2002; 2004; Wiseman et al., 2012). Our study produced similar results: girls scored higher on Preservation (girls: .248; boys: -.176) tending to better conserve and protect our environment. In Utilisation the pattern is reversed: Boys score higher in environmental Utilisation (girls: -.092; boys: .071), thus tending to prefer utilising and exploiting natural resources.

When correlating Preservation and Utilisation with knowledge scores of different testing schemes (see Table 2), preservational preferences did not correlate with the pre-knowledge, but did with the post- and retention-knowledge. This is important, because one cannot say that a person with high attitude preferences in conservation and protection of the environment also owns high pre-knowledge. Nevertheless, we anticipated a high interest in environment to correlate with high knowledge levels. However, a high attitude in Preservation results in a higher value in the post- and retention-knowledge. Therefore, participants with such preferences successfully learned and retained more in an environmental learning programme. These results are in line with the literature: e.g. Bogner (1999), Bogner and Wiseman (2004) or Boeve-de Pauw and Van Petegem (2011) reported a significant correlation between knowledge and Preservation. The same is true for the very recent study of Schneller, Johnson and Bogner (2013).

Correlations between knowledge and Utilisation were not significant which as a fact is quite in line with the literature (Bogner, 1999), although everyday knowledge would suggest that participants with high exploiting preferences might resist learning within an environmental learning programme. However, other studies did not support our current results. For instances Boeve-de Pauw and Van Petegem (2011) described a negative correlation between Utilisation and knowledge (which was our original hypothesis as well).

Nevertheless, our case is an encouraging result for educators: It seems that everyone acquires knowledge in such a programme. Even pupils with high preferences in Utilisation increased their knowledge, although a high preference in Preservation seemingly was an even better basis for cognitive learning. This result gets clearer in the light of the study of Kibbe, Bogner and Kaiser (2013) who had pointed to this context in environmental education: When they described effects on Preservation, exploitative Utilisation and appreciative Utilisation, Preservation was positively related to appreciative Utilisation and negatively to exploitative Utilisation. People who had a preference to Preservation of environment had a higher appreciative Utilisation for nature. Kibbe et al. (2013) reported that a simple warning against exploitation does not convince people to protect the environment or to show more appropriate behaviour: Pointing to negative examples is unlikely to influence individual adolescent pro-environmental behaviour, although they exist in high quantities. Gratifying positive experiences in natural environments, however, seems effective regarding pro-environmental behaviour (Kibbe et al., 2013). Therefore, the message for educators and for environmental programmes is clear: The more individuals appreciate nature for personal benefits, the more they support preserving the environment.

Correlations between knowledge and semantic differential items (where pupils individually rated the outreach tour) brought insights into potential connections between personal feelings about an action and acquired knowledge: At first, an unexpected lack of correlations between pre-knowledge and the semantic differential items may anticipate that participants who scored low on 'motivating' or 'essential' resist learning in an environmental learning programme. Similarly, judging the learning programme as 'clear' or the subject as 'essential' did not correlate with the acquired knowledge. Pupils with high perception scores in these statements did not score high in KN1 or KN2. Nevertheless, for the post- and especially for the retention-knowledge levels, the statements 'easy to understand' and 'motivating' produced significant effects: Pupils who perceive an action of the learning programme as 'easy to understand' or as very 'motivating' yielded high values in KN1 and KN2. Especially the results regarding motivation were in line with the literature: Fraser, Walberg, Welch and Hattie (1987) detected a positive correlation between motivation and cognitive learning. Randler and Bogner (2007) reported a significant correlation between cognitive achievement and interest. For planning a learning programme, these results are important for educators.

Recommendations for further research and classroom implications

The simplicity of our analysis is defined by our data set. The lack of normal distribution of our obtained data was the reason for applying non-parametric tests. Further studies may produce normal distributed data sets and allow application of repeated measurement models.

Another interesting research field is the three-environmental-knowledge-model of Kaiser et al. (2008). In our study, we focused on system-knowledge, which has been shown the lowest effect on behaviour (action-related and effectiveness-knowledge are more important to influence behaviour). We would expect significant correlations of UTIL with effectiveness knowledge at least, because individuals need to decide about behavioural options to reach effectiveness. Additionally, we expect PRE to strongly correlate with action-related or effectiveness-knowledge. A high score in Preservation signals a positive preference in conservation efforts: Both forms of knowledge (action-related and effectiveness) produce positive ecological behaviour. Here, further research is needed.

Altogether, our study points to several advantages of short-term educational programmes: Participants learn cognitively, despite of a short intervention duration, and they retain effects even after six weeks; this is quite in line with the literature (Bogner, 1998; Fancovicova & Prokop, 2011). Based on the acquired knowledge, a short-term excursion is applicable for introducing a learning unit as well as it is for adding more in-depth knowledge afterwards. As an introduction, an appropriate module may provide the basis and its repetition may help to retain a taught content even longer. An outreach excursion after an introductory module unit may consolidate the newly acquired knowledge within an authentic environmental context. Additionally, outdoor programmes are often able to affect individual environmental attitudes (Johnson & Manoli, 2010; Bogner & Wiseman, 2006) and the attitudes seem to interact with acquired knowledge. Especially first-hand experiences are often responsible for this positive effect (Kossack & Bogner, 2012). A study of Kibbe et al. (2013) described negative exploitative examples as not leading to more appropriate behaviour; when however appreciation for nature is addressed, individual preservational preferences are more likely to rise: This may explain why Preservation or positive green attitude preferences correlate with the short- and long-term cognitive achievement. A high Preservation score promises a higher acquisition of knowledge even in one-day learning programmes. Participants in authentic learning also demonstrate higher motivation (Herrington & Oliver, 2000), and motivation correlates positively with post- and retention-knowledge. Because of these benefits, one-day educational modules offer suitable potential for hands-on science approaches and needs integration into school curricula as often as possible.

Acknowledgements

This study was supported by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF): “RiSKWa – Verbundprojekt PRiMaT: Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung” (#02WRS1279L). We specifically thank the Lake Constance supply system (“Bodenseewasserversorgung”) as well as all teachers and pupils involved in this study for their cooperation. Additionally, we are very thankful to Dr. Michael Wiseman for discussion earlier versions of the manuscripts.

References

- Backman, S. J., & Crompton, J. L. (1984). Education Experiences Contribute to Cognitive Development. *The Journal of Environmental Education*, 16(2), 4-13.
- Bartel, H., Dieter, H. H., Feuerpfeil, I., Grummt, H. J., Grummt, T., Hummel, A., Konietzka, R., Litz, N., Rapp, T., Rechenberg, J., Schaefer, B., Schlosser, F. U., & Vigelahn, L. (2010). Rund um das Trinkwasser. *Umweltbundesamt (UBA)*, 2. Ed., Dessau-Roßlau.
- Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes (BBGU) an die Verbraucherinnen und Verbraucher über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland (2011). Bonn, Dessau.
- Bodensee-Wasserversorgung – BWV (2012). *Kristallklar – Magazin der Bodensee-Wasserversorgung*, 105, 2-30, Stuttgart.
- Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2010). A cross-national perspective on youth environmental attitudes. *Environmentalist*, 30, 133-144.
- 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.
- 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 programme introduced in Swiss secondary schools. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1169-1185.
- Bogner, F. X., & Wilhelm, M. G. (1996). Environmental perspectives of pupils: the development of an attitude and behaviour scale. *The Environmentalist*, 16, 95-110.
- 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: Factor Profiles of Extreme Groups. *European Psychologist*, 7(3), 225-237.

- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2004). Outdoor ecology education and pupil's environmental perception in preservation and utilization. *Science Education International*, 15(1), 27-48.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2006). Adolescents' attitude towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. *Environmentalist*, 26, 247-254.
- Bortz, J., & Doering, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation* (4th ed.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Conradty, C., & Bogner, F. X. (2011). Knowledge presented in concept maps: correlations with conventional cognitive knowledge tests. *Educational Studies*, 38(3), 341-354.
- Drinking Water Ordinance (2001). Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001) vom 21. Mai 2001. *BGBl, I*, 959 ff.
- Diehl, J. M., & Staufenbiel, T. (2002). *Statistik mit SPSS*. Version 10+11. Eschborn: Dietmar Klotz.
- Doria, M. F., Pidgeon, N., & Hunter, P. R. (2009). Perceptions of drinking water quality and risk and its effect on behavior: A cross-national study. *Science of the Total Environment*, 406, 5455-5464.
- Fancovicova, J., & Prokop, P. (2011). Plants have a chance: outdoor educational programme alter students' knowledge and attitudes towards plants. *Environmental Education Research*, 17(4), 537-551.
- Fraser, B. J., Walberg, H. J., Welch, W. W., & Hattie, J. A. (1987). Synthesis of educational productivity research. *International Journal of Educational Research*, 11(2), 145-252.
- Grummt, H. J. (2007). The drinking water quality in Germany in the period from 2002 to 2004. An overview. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50(3), 276-283.
- Herrington, J., & Oliver, R. (2000). An Instructional Design Framework for Authentic Learning Environments. *Educational technology research and development*, 48(3), 23-48.
- Holzinger, A., Kickmeier-Rust, M. D., Wassertheurer, S., & Hessinger, M. (2009). Learning performance with interactive simulations in medical education: Lessons learned from results of learning complex physiological models with the HAEMOdynamics SIMulator. *Computers & Education*, 52(2), 292-301.
- 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. (2010). The 2-MEV scale in the United States: A measure of children's environmental attitudes based on the theory of ecological attitude. *Journal of Environmental Education*, 42(2), 84-97.

- Kaiser, F. G., Roczen, N., & Bogner, F. X. (2008). Competence formation in environmental education: advancing ecology-specific rather than general abilities. *Umweltpsychologie*, 12(2), 56-70.
- Kaibel, A., Auwärter, A., & Kravcik, M. (2006). Guided and Interactive Factory Tour for Schools. In: Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing (pp. 198-212). Springer Berlin Heidelberg.
- Kibbe, A., Bogner, F. X., & Kaiser, F. G. (2013). Exploitative vs. appreciate use of nature – Two interpretations of utilization and their relevance of environmental education. *Studies in Educational Evaluation*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.stueduc.2013.11.007>
- Kossack, A., & Bogner, F. X. (2012). How does a one-day environmental education programme support individual connectedness with nature? *Journal of Biological Education*, 46(3), 180-187.
- Leeming, F. C., Dwyer, W. O., Porter, B. E., & Cobern, M. K. (1993). Outcome research in environmental education. *Journal of Environmental Education*, 24(4), 8-21.
- Liddicoat, K. R., & Krasny, M. E. (2014). Memories as Useful Outcomes of Residential Outdoor Environmental Education. *The Journal of Environmental Education*, 45(3), 178-193.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125-139.
- 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.
- Pöhl, S., & Bogner, F. X. (2013). Learning with Computer-Based Multimedia: Gender Effects on Efficiency. *Journal of Educational Computing Research*, 47(4), 387-407.
- Randler, C., & Bogner, F. X. (2007). Pupils' Interest Before, During, and After a Curriculum Dealing With Ecological Topics and its Relationship With Achievement. *Educational Research and Evaluation*, 13(5), 463-478.
- 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*, doi:13504622.2013.843648.
- Sellmann, D., & Bogner, F. X. (2012). Climate change education: quantitatively assessing the impact of a botanical garden as an informal learning environment. *Environmental Education Research*, 19(4), 415-429.

- Sellmann, D., & Bogner, F. X. (2013). Effects of a 1-day environmental education intervention on environmental attitudes and connectedness with nature. *European Journal of Psychology of Education, 28*(3), 1077-1086.
- Scharfenberg, F. J., & Bogner, F. X. (2013). Teaching gene technology in an outreach lab: Students' assigned cognitive load clusters and the cluster's relationships to learner characteristics, laboratory variables, and cognitive achievement. *Research in Science Education, 43*(1), 141-161.
- Stein, S. J., Isaacs, G., & Andrews, T. (2004). Incorporating authentic learning experiences within a university course. *Studies in Higher Education, 29*(2), 239-258.
- Weidenmann, B. (1997). "Multimedia": Mehrere Medien, mehrere Codes, mehrere Sinneskanäle? *Unterrichtswissenschaft, 25*(3), 197-206.
- 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.
- Wiseman, M., Wilson, G., & Bogner, F. X. (2012). Environmental Values and Authoritarianism. *Psychology Research, 2*(1), 25-31.

5.5. Teilarbeit C

Learning about Drinking Water: How important are the three dimensions of knowledge that can change individual behaviour?

Fremerey, C. & Bogner, F. X. (2014)

Education Sciences

(in press)

Educ. Sci. **2014**, *4*, 213–228; doi:10.3390/educsci4040213

OPEN ACCESS

*education
sciences*

ISSN 2227-7102

www.mdpi.com/journal/education

Article

Learning about Drinking Water: How Important are the Three Dimensions of Knowledge that Can Change Individual Behavior?

Christian Fremerey * and Franz X. Bogner

Z-MNU (Centre of Mathematics & Science Education), Department of Biology Education, University of Bayreuth, 95447, Bayreuth, Germany; E-Mail: franz.bogner@uni-bayreuth.de

* Author to whom correspondence should be addressed;

E-Mail: Christian.Fremerey@uni-bayreuth.de; Tel.: +49-921-55-3928; Fax: +49-921-55-2696.

External Editor: James Albright

Received: 1 August 2014; in revised form: 6 October 2014 / Accepted: 13 October 2014 /

Published: 6 November 2014

Abstract: Clean drinking water, our most important resource, needs comprehensive protection. Due to its ubiquitous availability, the awareness of the importance of clean drinking water has partially vanished. Therefore, sensitizing within this context and improving individual ecological behavior has become an important issue in science curricula. We developed a student-centered guided-learning module based on nine workstations, with the themes: occurrence rates, purification methods, cleaning guidelines, distribution patterns, use and consumption, pollution, problems, types of drinking water and virtual water. One hundred and seventy four ninth to eleventh graders participated in our outreach intervention. All tasks presented via workstations were completed before participants inspected a nearby reed sewage treatment plant and completed hands-on experiments. For empirical analyses, we collected the newly acquired knowledge in three dimensions: system-knowledge, action-related knowledge and effectiveness knowledge, which together are assumed to provide a sufficient basis for conservation behavior. System knowledge directly affects action-related and effectiveness knowledge and these two types of knowledge, in turn, affect directly the ecological behavior. At all three test schedules, the three dimensions of knowledge correlated with each other, especially in both follow-up tests. The relevance of these results for schools is discussed.

Keywords: drinking water; system knowledge; action-related knowledge; effectiveness knowledge; learning at workstations; hands-on; student-centered; outreach module

1. Introduction

The overall importance of water is evident: without water there would be no life on earth. We rely on it as we drink it, use it to clean and to produce products. That is why water needs to be protected by everyone. Therefore, governmental authorities require continuous review of drinking water: For Germany, the European Community directive for drinking water and the German “Drinking Water Ordinance 2001” regulates the details [1,2]. Regular tests are the basis for the generally good to excellent water quality in most developed countries (e.g., [1,3–5]). Especially in European countries, drinking water is ubiquitous and has a high quality standard and an ubiquitous availability. Nevertheless, the general public does not sufficiently appreciate the value of these benefits [6], because it becomes something for granted. For instance, in the Bavarian curriculum drinking water is only an optional issue for fifth graders within the subject of “nature and technology” [7]. It is up to the teachers whether the theme is taught or not. For many teachers the issue do not seem important enough just because of its self-evidence. An appropriate teaching method is needed to help teachers to address this complex topic and to raise the level of conservation behavior.

Cognitive knowledge about environmental issues commonly is regarded as essential to value its context and importance as well as to reach individual behavior dimensions [8]. In environmental psychology research, knowledge is even commonly regarded as a determinant of conservation behavior [9]. The idea is that deeper knowledge about the causes of environmental problems may result in a more appropriate behavior. According to Kaiser and Fuhrer [10], mediation of information may teach what people can contribute to protect the environment: “before someone can act, he or she must know how things should be and what can be done” [10] (p. 600). Within this view, individuals follow a cost-benefit ratio of action. A large body of literature analyses this complex issue (e.g., [9]). Consequently, Kaiser, Roczen and Bogner [11] as well as Roczen, Kaiser, Bogner and Wilson [12] postulated that required knowledge as threefold, consisting of (1) system knowledge; (2) action-related knowledge; (3) effectiveness knowledge. The first (system knowledge), contains factual knowledge about how an environmental system works or how natural processes run. Environmental system knowledge describes basic scientific knowledge, and can be defined as “knowing what” [9]. The second (action-related knowledge) consists of knowledge about possible actions: Frick *et al.* [9] defined it as “knowing how”. The third (effectiveness knowledge) includes comparing different options or actions to decide which is more effective. Frick *et al.* [9] supported empirically the theoretical distinction between the three dimensions of knowledge. Subsequently, this view was adapted to an environmental competence model [11,12] suitable for educational interventions: Hereby, three types of knowledge are arranged within a triangle form, which has been extended by the conservation behavior towards a diamond shape. Further extensions of the model followed in very recent studies (e.g., [12]). The model describes the relationships between the types of knowledge as well as their influence on conservation performance. It supports the notion that knowledge can affect general ecological behavior. However,

system knowledge does not act directly on conservation behavior, but it affects the other two types of knowledge [9,12]. It is regarded as a basis for action-related and effectiveness knowledge: System knowledge helps in the search for origins of environmental problems [13] and appropriate actions as well as information on the effects of these actions [14]. Action-related knowledge and effectiveness knowledge affect conservation behavior directly [12]. Frick *et al.* [9] described action-related knowledge as slightly more widespread than system knowledge, although action-related knowledge was more accessible than the other two types of knowledge. In the study of Frick *et al.* [9], where the theoretical distinction between the three dimensions of knowledge was the first time empirically supported, effectiveness knowledge was apparently the least common one of the three types of knowledge. Consequently, environmental programs intending to influence conservation behavior need to include all three types of knowledge. Based on the model of Roczen *et al.* [12], a higher knowledge level in all dimensions is a basis for general ecological behavior. Of course, we regard many other factors as influencing pro-environmental or conservation behavior, as it is, for instance, described in the model of Roczen *et al.* [12]. However, we will restrict our study on the knowledge level, as in school it is most likely to achieve changes there. Thus, cognitive achievement should be a basic requirement of environmental programs.

In learner-centered methods teachers act as mentors and do not affect learning processes directly [15] while pupils work and learn at workstations with self-instructional (hands-on) material within small groups as in Randler, Baumgärtner, Eisele and Kienzle [16]. Learning is an active process and learning at workstations, as a learner-centered method, has many advantages. The cooperative learning environment addresses especially the social competences [17]. Pupils work autonomously and discuss their results with each other in groups. Herrington and Oliver [18] as well as Sturm and Bogner [19] observed that pupils show more motivation and interest for the topic in a learner-centered learning atmosphere in comparison to a teacher-centered one. This is quite in line with Randler and Bogner [20], Randler *et al.* [16] as well as Meissner and Bogner [21]: At learner-centered workstations, well-being may score higher than in teacher-centered lessons. Regarding the role of cognitive achievement, results differ: Studies such as Randler and Bogner [22], Schaal and Bogner [23] or Sturm and Bogner [19] described a complete lack of significant differences between student- and teacher-centered methods. Other studies indicated for learner-centered methods higher retention scores [24] or an increase in short- and long-term cognitive outcome [20]. Heyne and Bogner [25] reached similar results between student-centered and teacher-centered learning units. However, a third group with guided-learning at workstations produces even better results. Based on the literature, learning at workstations seems to be a very useful method for educational programs.

We tend to give short-term educational programs a greater emphasis than long-term, because short-term programs are more convenient, due to tight school schedules. Teacher usually takes their classes no longer than one day out of school. Short-term or one-day interventions positively affect knowledge for over four weeks [26], while long-term interventions promote individual attitudes or behavior in addition [26,27]. The efficacy of a short-term program especially on the cognitive level is in line with many other studies, e.g., [28,29]. All of them supported the position that pupils could acquire high knowledge levels through a short-term educational program lasting for up to six weeks. Kossack and Bogner [30] reported high motivation scores for a short-term intervention, too. Therefore, short-term programs need more attention as they may add additional value compared to classroom

lessons by simply providing authentic environments (e.g., [17,30–32]). Especially first-hand experience may help pupils to better understand what they have learned [33]. Other advantages of out of school programs are their effect on environmental perception [34] and their yielding of a higher increase of knowledge levels, that remain constant even after several weeks [35,36].

Lieflaender *et al.* [27] first implied all three types of environmental knowledge simultaneously in a learning program: Within a syllabus issue of water ecosystems, the potential increase in all dimensions of environmental knowledge was tested. Within the frame of a four-day educational program with student-centered methods (e.g., learning at workstations), system knowledge produced a higher increase than action-related knowledge and effectiveness knowledge. Lieflaender *et al.* [27] additionally reported a high knowledge-level and strong knowledge convergence as well as a strong inter-correlation between knowledge increase of all three types. In our approach, we focused on the subject of drinking water, with the intent of influencing a basis to influence conservation behavior towards protecting water. In all areas of life, personal experience affects our notions, which may contradict the scientifically correct conception. Pereira and Pestana [6]; Taiwo, Ray, Motswiri and Masene [37]; Dickerson, Callahan, van Sickle and Hay [38]; Doria, Pidgeon and Hunter [5] or Fremerey and Bogner [39] pointed to alternative conceptions [40] or pre-instructional knowledge [41]. Based on these results, it is important to develop teaching materials especially for higher grades, since the subject of drinking water includes complex issues such as purification, water usages or contamination problems. These issues exceed existing learning materials such as the primary school learning program of Lieflaender, Bogner, Kibbe and Kaiser [27].

The objectives of our study were two-fold: First, to examine all three knowledge dimensions within our drinking water module and to check the reliability and validity of our *ad-hoc* questionnaire and to monitor short- and long-term achievement levels within all types of knowledge. Second, to analyse relationships within all knowledge scores of the three testing cycles: pre-existing, short-term achievement (directly after the learning program) and persistent knowledge (six weeks after the learning program); especially regarding the relationships between the three types of knowledge increase due to intervention.

2. Methods

Based on the literature (e.g., [18,26,35]), we developed a short-term outreach educational program following a guided-learning unit at workstations. Our educational intervention took place in the forest field centre (“Jugendwaldheim”) in the Bavarian Forest National Park. Nine learning stations (we use learning stations synonymous with learning at workstations) were displayed indoors, each located on separate tables arranged in a large circle. We had implemented the three types of knowledge in each workstation. Any station could be chosen by pupils to enter the learning circle, for all nine stations a 15 min processing time was scheduled. We formed groups of three or four participants who worked together during the complete module. The learning circle was student-centered and the groups rotated every 15 min by finally passing through all the stations. The modules dealt with are: Amount of available water resources, purification methods, cleaning guidelines, distribution, use and consumption, drinking water types, pollution, problems and sustainability and virtual water. All stations dealt differently with the contents: some included smaller hands-on experiments, information texts, brochures,

diagrams, tables, information films or documentaries/interviews. Participants could acquire the content of a station either in written texts or in short films or a hands-on experiment. We have chosen a variety of learning methods to offer variation to our participants in acquiring the taught content. After the learning circle, participants stopped at a nearby reed sewage treatment plant and saw in real life the cleaning power of natural soil, especially by examining an odor sample. In an experimental setup with different soil layers (sand, gravel, rough stones and humus), the importance of intact soil layers for the purification was given a grounding. In this manner, within this setup authentic experiences contributed to the concept of sustainability, for instance, when soil contaminants reaching the groundwater were highlighted. Altogether, during a 1-h period after the learning cycle, participants learned about purification of raw and waste water and drinking water analysis in an experimental setup, where they participated in several experiments. Only one teacher guided the intervention and the material and place of the program were always the same.

A sample of 174 ninth to eleventh graders (average age of 15.4 year; $SD = 1.20$) participated in the intervention. 47% were female. Participants were randomly selected and came from seven different schools in the state of Bavaria (Germany). Despite the age imbalance, no significant differences in knowledge between lower and higher graders were found. In our study, a test-design with pre-, post- and retention test was applied: The pre-test, two weeks before the intervention, the post-test, directly after, and the retention test about six weeks later. The time slot for retention test was cited in Lieflaender *et al.* [27]. We had just over 200 participants, thus the retention rate of the three tests was quite satisfactory. A paper-and-pencil-test with 27 items on the topic of water was applied. The questions and answers were randomly mixed at the three testing schedules, to avoid potential remembering effects of positions for correct answers. The questions covered all three environmental knowledge dimensions, system knowledge (SYS), action-related knowledge (ACT) and effectiveness knowledge (EFF). Each type of knowledge was measured with nine items. An expert team in education consisting of twelve individuals independently classified the questions into the three knowledge dimensions. Some questions were also in line with the literature of Roczen *et al.* [12] or Lieflaender *et al.* [27] and were partially taken for the survey. Each multiple-choice item consisted of four potential answers, of which only one was correct. The participants were never aware of the testing schedules, just in order to avoid a memorization of consciously questions.

Responses to the knowledge questions were sum-scored, a correct answer scored with 1, an incorrect with 0. For SPSS analyses, we used version IBM SPSS Statistic 22 and for Rasch analyses the program ConQuest 3.

A control group of 33 pupils of similar age (average age of 15.7 year; $SD = 0.62$) and educational level (two different classes of tenth graders) completed the same multiple-choice test as the treatment group, but did not take part in the intervention. Participants originated in two different regional schools.

3. Results

At first, we used the dichotomous Rasch model in order to analyse the item reliabilities and difficulty distribution [42]. In the Wright-map (see Figure 1), on the left side, the ability of participants is displayed and on the right side the whole items. The participants on the left side are marked with X. Each X represents 0.6 cases. The person ability is between plus three and minus three. A person with

positive person ability has a higher probability to answer the items correctly than a person with negative person ability. Persons at zero have the ability to answer fifty percent of all questions correctly. The person-separation-reliability is 0.734. The test is suitable for separating our sample. On the right side all items are distributed according to their difficulty. The item with the most positive value (item 3, see Figure 1) is the most difficult one. The item with the highest negative value (item 14, Figure 1) is the easiest one. We have listed our twenty-seven questions and it can be seen that the three knowledge dimensions were distributed well according to their difficulty. The separation reliability of the items is 0.967. Every type had some difficult and some simple questions. The test appeared as too easy since more questions were in the negative range. This is because in the Rasch model the post-test should be used for the calculation of the difficulties [42]. The pre-test and the retention test would provide a falsified result. Before the intervention, the probability is high that most of the questions cannot be answered. The calculation would determine a too difficult test. It is similar with the retention test, because after a few weeks participants usually cannot remember everything. The reliability for the *ad-hoc* knowledge-questionnaire was, using Cronbach's alpha (0.74), a level above the threshold of 0.6, which Lienert [43] (p. 246) proposed to properly differentiate between individuals.

We also analysed the difficulty index (number of right answers/number of items) of the questions. They are all located between the threshold 0.2 and 0.8 [44]. For post-test mean scores of the questions of the three knowledge dimensions were: SYS: 0.60, SD = 0.20; ACT: 0.56, SD = 0.24; EFF: 0.54, SD = 0.17, meaning e.g., that 60% of the pupils answered the system knowledge questions correctly.

The distribution of our data via Kolmogorov-Smirnov calculation, corrected with Lilliefors [45], indicated a high significance ($p < 0.001$) for the complete knowledge-data and the Q-Q diagram confirmed the lack of normality. We repeated this procedure subsequently with the data set of all three knowledge dimensions separately: system knowledge (SYS), action-related knowledge (ACT) and effectiveness knowledge (EFF). None of the three dimensions followed a normal distribution, hence we applied non-parametric tests for calculations: The differences between the three test schedules and between the three knowledge dimensions were analysed by using the Wilcoxon-test, because of the distribution [45]. We used KN0 for the pre-knowledge, KN1 for the short-term acquired knowledge and KN2 for the retained knowledge.

A control group showed no significant difference ($p = 0.62$; $T = 1.933$; mean score of KN0 = 10.73, SD = 2.45 and KN1 = 9.94, SD = 3.19) with the intervention groups. The comparison with an external control group was necessary, because this analysis showed that the observed effects were actually attributable to the intervention.

The intervention group showed significant differences for all knowledge-test schedules: KN0-KN1: $p < 0.001$; $Z = -10.05$; KN0-KN2: $p < 0.001$; $Z = -6.54$; KN1-KN2: $p < 0.001$; $Z = -7.71$. The mean scores scored for KN0 = 9.87 (SD = 2.91); KN1 = 15.28 (SD = 4.43) and KN2 = 12.13 (SD = 3.78).

Subsequently we analyzed the differences between the three dimensions of environmental knowledge. For all three knowledge dimensions significant differences were found between the three test times: (1) SYS: KN0-KN1: $p < 0.001$; $Z = -8.74$; KN0-KN2: $p < 0.001$; $Z = -2.99$; KN1-KN2: $p < 0.001$; $Z = -7.06$; (2) ACT: KN0-KN1: $p < 0.001$; $Z = -6.49$; KN0-KN2: $p = 0.014$; $Z = -2.47$; KN1-KN2: $p < 0.001$; $Z = -4.74$; (3) EFF: KN0-KN1: $p < 0.001$; $Z = -10.19$; KN0-KN2: $p < 0.001$; $Z = -8.34$; KN1-KN2: $p < 0.001$; $Z = -6.01$.

The mean sum scores were: (1) SYS: KN0 = 3.51 (SD = 1.44); KN1 = 5.36 (SD = 1.74); KN2 = 4.01 (SD = 1.80); (2) ACT: KN0 = 3.98 (SD = 1.46); KN1 = 5.13 (SD = 1.79); KN2 = 4.32 (SD = 1.59); (3) EFF: KN0 = 2.38 (SD = 1.30); KN1 = 4.78 (SD = 1.97); KN2 = 3.80 (SD = 1.57). The potential maximum of mean sum score would be nine of every type of knowledge, since we had nine questions for each one.

Figure 1. Rasch Wright-map of all 27 knowledge-items.

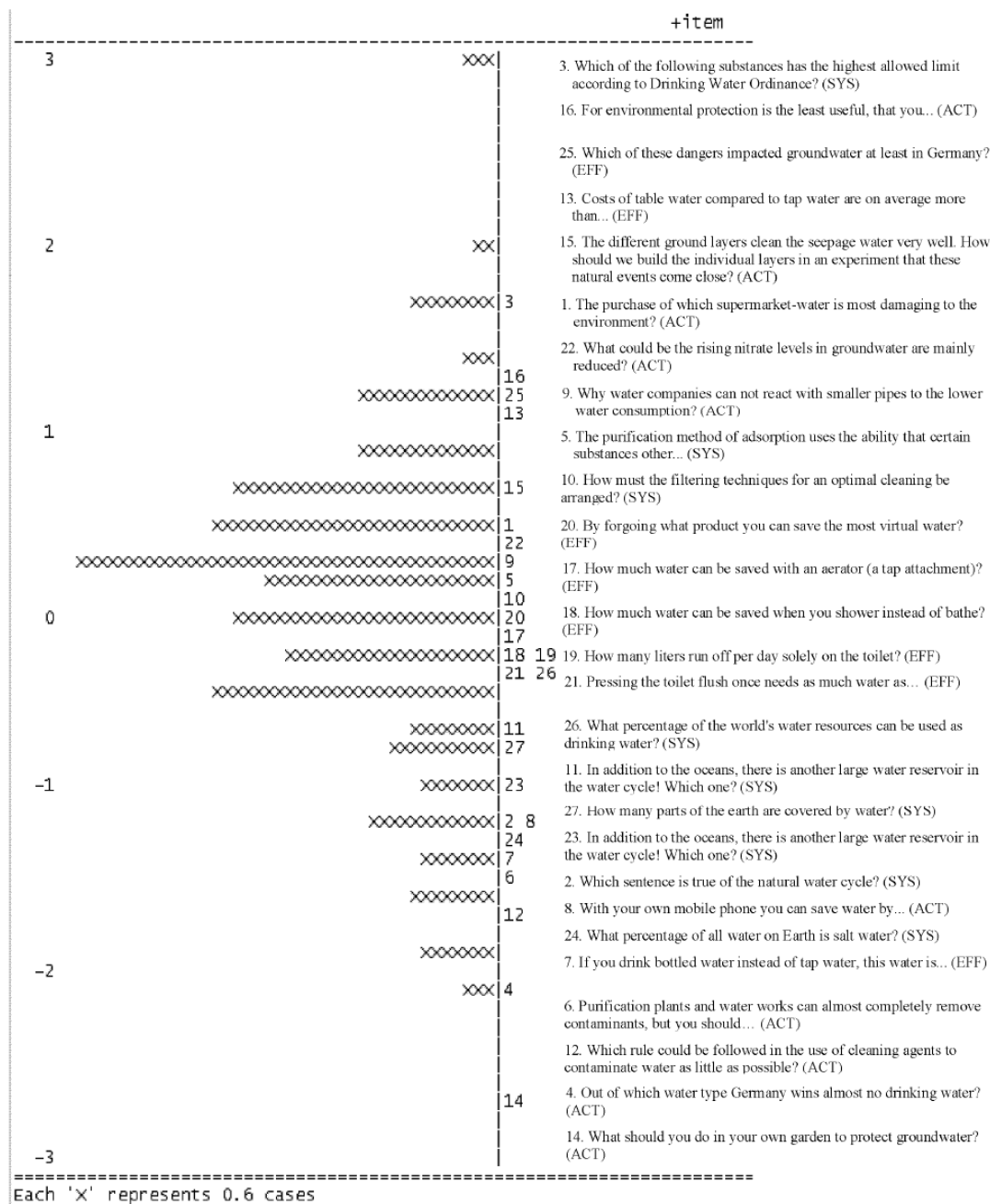
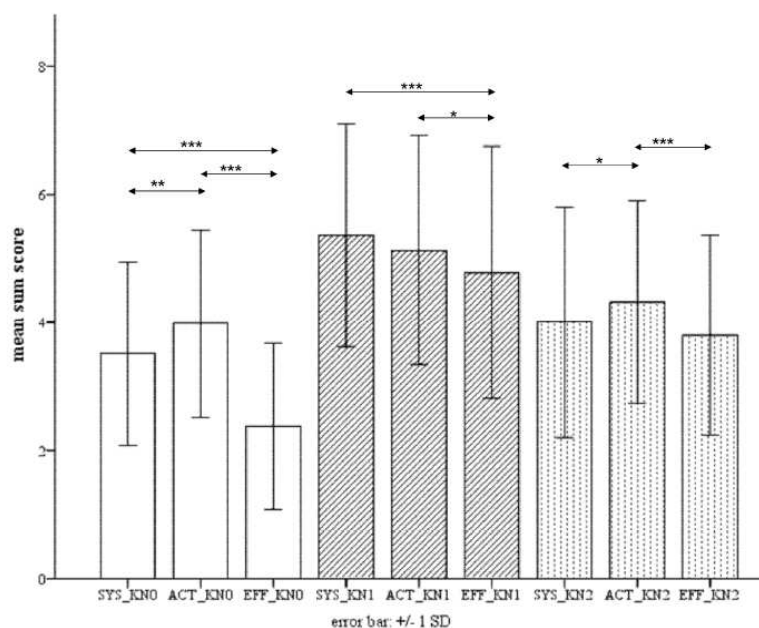


Figure 2 details both the differences between the three test times and the differences between the three knowledge dimensions.

Figure 2. The mean sum score of the three knowledge dimensions of the three tests.



All knowledge dimensions scored differently in the three test schedules. We tested the mean sum scores of the three knowledge types, comparing tests pair-wise using the non-parametric Wilcoxon-test in SPSS. Figure 2 details high to highly significant differences: For the pre-test: SYS-ACT ($p = 0.001$; $Z = -3.34$); SYS-EFF ($p < 0.001$; $Z = -7.37$); ACT-EFF ($p < 0.001$; $Z = -9.17$). For the post-test: SYS-ACT ($p = 0.054$; $Z = -1.93$); SYS-EFF ($p < 0.001$; $Z = -3.78$); ACT-EFF ($p = 0.013$; $Z = -2.47$). For the retention-test: SYS-ACT ($p = 0.021$; $Z = -2.32$); SYS-EFF ($p = 0.185$; $Z = -1.33$); ACT-EFF ($p < 0.001$; $Z = -3.64$).

To further visualize the short- and long-term acquired knowledge, differences scores for the test times were calculated (Figure 3).

The differences in Figure 3 are tested with the non-parametric Wilcoxon-test. The short- and long-term acquired knowledge of the three knowledge dimensions were significantly different: $\Delta\text{KN1-KN0}$: ACT/SYS: $p < 0.001$, $Z = 3.78$; EFF/SYS: $p = 0.005$, $Z = 2.83$; EFF/ACT: $p < 0.001$, $Z = 6.26$; $\Delta\text{KN2-KN0}$: ACT/SYS: n. s., EFF/SYS: $p < 0.001$, $Z = 4.91$; EFF/ACT: $p < 0.001$, $Z = 5.76$.

Finally, we correlated the corresponding pre-, post- and retention-tests of all three knowledge dimensions. For our multiple testing we corrected alpha-value following Bonferroni (which corrects for the number of mutually interdependent comparisons): Consequently, an alpha-value of 0.008/0.002/0.0002 was applied for all correlations in our study. In Figure 4, you can see significant Spearman-Rho correlations between the knowledge dimensions (SYS0-ACT0: $p = 0.014$; SYS0-EFF0: $p = 0.008$; ACT0-EFF0: $p = 0.001$; SYS1-ACT1: $p < 0.0002$; SYS1-EFF1: $p < 0.0002$; ACT1-EFF1: $p < 0.0002$; SYS2-ACT2: $p < 0.0002$; SYS2-EFF2: $p < 0.0002$; ACT2-EFF2: $p < 0.0002$).

Figure 3. Acquired knowledge differences of the three-dimensional environmental knowledge.

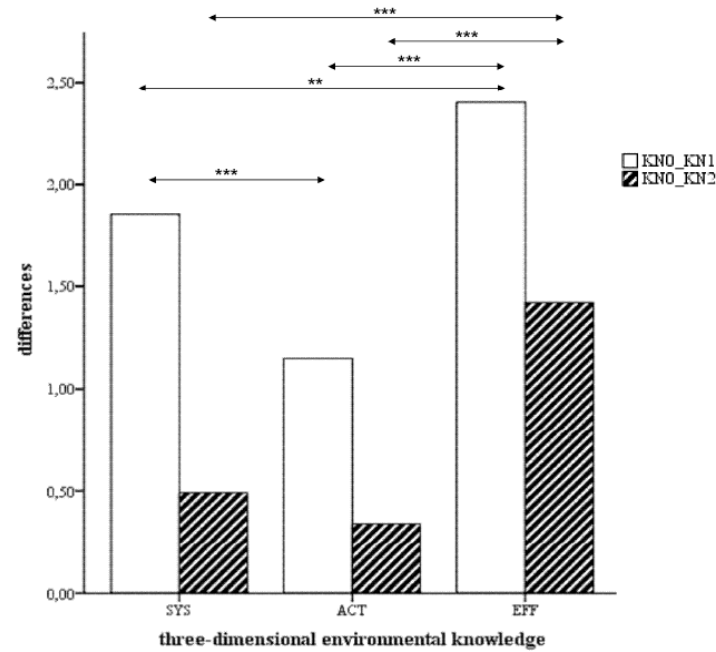
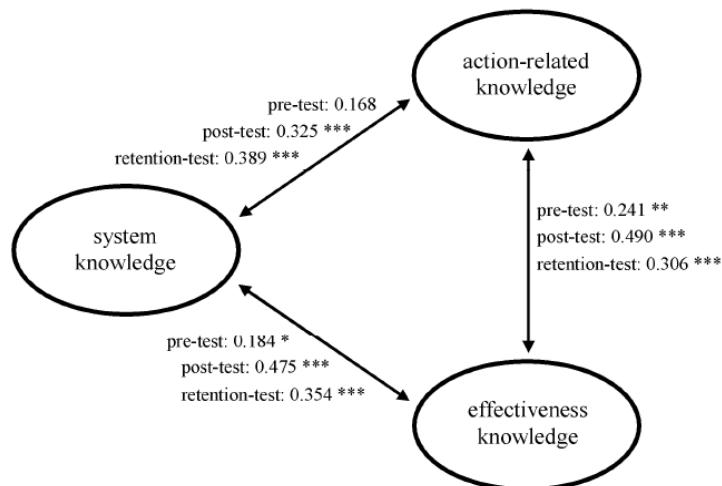


Figure 4. Three dimensional knowledge model with correlations.



Note: *p*-value * = 0.008; ** < 0.002; *** < 0.0002.

Finally, we analyzed the relationship of the three dimensions of knowledge between the post- and the retention test (Spearman-Rho correlation due to the non-normally distributed data; see Table 1).

The normal alpha-value used a threshold of <0.05. After applying a Bonferroni-correction (see above), an alpha-value of 0.016 was employed.

Table 1. Correlations between short- (T-1) and long-term (T-2) knowledge.

T-1	Analysis	SYS2	ACT2	EFF2
SYS1	Spearman-Rho correlation	0.241	0.166	0.300
	significance	0.001	0.014	<0.001
ACT1	Spearman-Rho correlation	/	0.240	0.182
	significance		0.001	0.008
EFF1	Spearman-Rho correlation	0.283	0.271	0.428
	significance	<0.001	<0.001	<0.001

The short-term system knowledge correlated significant with all long-term type of knowledge. The same applied to effectiveness knowledge in the post-test, it has the highest correlations with the three knowledge dimensions in the retention-test. Short-term action-related knowledge only correlated with itself long-term knowledge and long-term effectiveness knowledge.

4. Discussion any conclusion part?

Our project-specific three types of knowledge questionnaire can be seen as reliable, as the Rasch model and Cronbach's alpha analysis show. Simultaneously, the Rasch model and the calculation of the difficulty indices revealed separation of easy and difficult items in the post-test of all kinds of knowledge (see Figure 1). This is another positive feature of our developed scale, showing the average of difficulty indices between the three types of knowledge as quite similar. System knowledge items are only marginally easier than the action-related knowledge items, and both types are easier than the effectiveness knowledge items.

4.1. Success of the Intervention

In the pre-test, participants gave the most correct answers in action-related knowledge followed by system knowledge. Apparently, pupils had a more profound lack of knowledge in the dimension of effectiveness knowledge compared to the other dimensions (see Figure 2: SYS_KN0; ACT_KN0; EFF_KN0). These findings are in line with the findings of Frick *et al.* [9], where effectiveness knowledge was shown to be the least prevalent, with only 52.9% correct answers, compared to 54.4% at system knowledge and 55.4% at action-related knowledge. Liefelaender *et al.* [27] reported a lower average mean for effectiveness knowledge compared to the other scales. After six weeks we identified the same distribution of the kinds of knowledge as before (see Figure 2: SYS_KN2; ACT_KN2; EFF_KN2). In particular, the percentage of correct answers was nearly equal in all three types of knowledge: that is, the difference between the dimensions became smaller. In the retention-test effectiveness knowledge was only statistically different to action-related knowledge. The level of all knowledge dimensions has been aligned by our learning program. After the intervention the differences between the three types of knowledge were not as big as before the intervention. From pre- to retention-test, the level of the three knowledge dimensions increased to a comparable one.

In the post-test, another distribution of the three dimensions of knowledge emerged (see Figure 2: SYS_KN1; ACT_KN1; EFF_KN1): Immediately after intervention, the most correct answers were found in system knowledge scale and significantly less in the effectiveness knowledge scale. However,

this may simply be due to the already mentioned marginal differences in the difficulty indices of the three items scales. Answering the system knowledge scale was apparently easier than the effectiveness knowledge scale, which as a fact may explain why SYS_KN1 in Figure 2 has the most correct answers compared to ACT_KN1 and EFF_KN1.

In line with Kaiser *et al.* [11], we defined success of the educational program as an increase in knowledge level. Our intervention produced a significant increase over all three knowledge dimensions. This is in line with other studies (e.g., [27,35]) and indicated the effectiveness of our student-centered, short-term and out-of-classroom environmental education program.

Pupils benefit from the educational program, although retention knowledge is limited: Six weeks after the intervention, we detected a general knowledge decrease over all knowledge dimensions. However, in comparison to the pre-test level, a significant increase in knowledge for all three types was still measurable after this time. This increase and subsequent decrease of knowledge after a certain time, according to an intervention with work stations, corresponded to the literature (e.g., [16,22,23]). The decrease was smallest for effectiveness knowledge and highest for system knowledge (see Figure 3). This contradicts Lieflander *et al.* [27] who reported decrease effects as smallest for system knowledge and highest for effectiveness knowledge, explaining this thus: “a decrease in system knowledge or action-related knowledge would also lead to a decrease in effectiveness knowledge” [27] (p. 13). However, the study of Lieflander *et al.* [27] had produced the strongest increase in system knowledge, which would mean in their explanation that effectiveness knowledge would have to rise as well: Lieflander *et al.* [27] saw their program outline as a possible reason for the limited increase and persistence of effectiveness knowledge. It could also be explained by the youth (mean age 10.44 years), of the sample Lieflander *et al.* [27] examined. Perhaps younger participants do not understand the practical implications and therefore have problems with this complex knowledge dimension.

4.2. Importance of Effectiveness Knowledge

Frick *et al.* [9] consider effectiveness knowledge as highly important, even though they obtained low scores. Kaiser *et al.* [11] showed the three knowledge dimensions as mutually dependent. System knowledge includes knowledge about facts and is likewise a basis for action-related knowledge and effectiveness knowledge. Action-related knowledge includes knowledge about alternative actions and is therefore a precondition for effectiveness knowledge. To achieve knowledge increase in effectiveness knowledge the other two dimensions of knowledge are needed. Lieflander *et al.* [27] reported the highest increase in system knowledge and the lowest in effectiveness knowledge. These results supported the opinion that the difficulty of the three knowledge dimensions decreases from effectiveness, to action-related, to system knowledge. In our study, the increase of knowledge for EFF is highest (Figure 3). It seems more difficult to gain knowledge in system knowledge or action-related knowledge than in effectiveness knowledge. However, participants start with a high level in system and action-related knowledge, meaning that high pre-knowledge is given in comparison to effectiveness knowledge (see Figure 2). Hence effectiveness knowledge can reach even higher levels. This result is not in line with Lieflander *et al.* [27], where participants have nearly similar pre-knowledge levels in all types of knowledge. Higher grades seem to acquire the three dimensions of knowledge differently. System and action-related knowledge seem more available at the pupils whereas effectiveness

knowledge seems least prevalent. Such pre-knowledge-levels of the three knowledge types are in line with the literature [9]. If an educational program, like our intervention, manages to impart effectiveness knowledge, the participants deal so deeply with the issue, that they retain this specific type of knowledge in a better way. We apparently reached this deeper dealing through repeated involvement by specifically backing different learning methods, e.g., textual work, videos or experiments. Effectiveness knowledge seems the most interesting section for pupils, because the acquired level of this knowledge dimension is the highest and the later-on decrease the smallest (see Figure 3). It seems that they would rather learn something which is more effective for the environment (and/or also for them). This would be another explanation why effectiveness knowledge gain is highest. Participants may link all three dimensions of knowledge with each other within the effectiveness knowledge and thereby retain it longer. Apparently, the program and perhaps age-group selection are crucial variables. Nevertheless, more research is needed to finally answering the question, which variables are the crucial ones for the different results in the effectiveness knowledge between Liefelaender *et al.* [27] and ours.

4.3. Relationship between Three Knowledge Dimensions

Kaiser *et al.* [11] assumed that with successful instruction not only knowledge level can be increased, but also the relationship between the three different dimensions can be strengthened. A more recent study of Liefelaender *et al.* [27] confirmed this: Correlations increased from pre- to post-test, and some correlations increased in the retention-test as well. In this case, our results are in line with the literature. The increase from pre- to post-test is expected following intervention, but we found higher correlations in the retention test as well. The relationship between system knowledge and action-related knowledge increased significantly over all test times from 0.168 to 0.389 (see Figure 4). The relationship between system knowledge and effectiveness knowledge as well as action-related knowledge and effectiveness knowledge increased due to our intervention, although a postponed retention-test demonstrated a decrease of this knowledge convergence again (see Figure 4). The correlations observed in the pre-test demonstrate the initial situation of the relationships between the three types of knowledge. In the “notional picture of three circles” of Liefelaender *et al.* [27] (p. 13), the status-quo is the starting point of the three knowledge dimensions before participants have learned something about the topic. The three knowledge circles overlap only slightly. An interpretation could be that knowledge is just loosely linked before intervention. Within the learning program, all knowledge dimensions have been learned and thus the knowledge types are linked to each other. The knowledge circles (of our thinking model) became bigger and it came to a stronger overlap of these, which illustrated an integration of the knowledge dimensions into one another. The relationships with effectiveness knowledge in the retention-test decrease again (Figure 4), and continue to rise marginally between system knowledge and action-related knowledge. One possible explanation could be the different complexity of the three kinds of knowledge: For system knowledge, no other kind of knowledge is required and for action-related only system knowledge is the basis. These two knowledge dimensions are self-contained. However, in the relationship of system knowledge or action-related knowledge with effectiveness knowledge (in Figure 4), the other type of knowledge may play a certain role. Kaiser *et al.* [11] labeled this context as “Competence model for environmental education”:

(1) System knowledge influences action-related and effectiveness knowledge; (2) Action-related knowledge influences effectiveness knowledge; (3) Effectiveness knowledge includes system and action-related knowledge. The dependencies of the three knowledge dimensions of Kaiser *et al.* [11] are shown in Table 1, where correlations between short-term and long-term knowledge level are calculated: All three types of knowledge are linked to each other. Each knowledge dimension that was acquired directly after the intervention, affects itself with regards to the retention knowledge level. All other correlations reflect the results of Kaiser *et al.* [11] and Roczen *et al.* [12]: System knowledge correlates with action-related and effectiveness knowledge and action-related knowledge with effectiveness knowledge. Effectiveness knowledge correlates with system and action-related knowledge. These results underline the importance of all knowledge dimensions and their mutual influence. In line with Frick *et al.* [9], we tend to give effectiveness knowledge more importance: This type of knowledge has the highest effect on all knowledge dimensions and a directly influence on conservation or general ecological behavior [11,12]. For these reasons we think this type of knowledge is very important for an environmental education program. It has the highest potential to influence the other variables in the environmental competence model [12]. Another positive aspect of effectiveness knowledge may be seen in the low decrease rate six weeks after participation.

The increase of knowledge level, unfortunately, is not reflected in the increase relationships in Figure 4: Effectiveness knowledge shows the strongest growth within the knowledge levels, but relationships with the other two knowledge dimensions fall again in the retention-test. We have no explanation for this result.

4.4. Notes for Environmental Educators

Our study points to positive aspects of out of school interventions, either short-term or/and student-centered. Especially the acquired knowledge level is encouraging. We cannot compare our intervention with a classroom learning unit, though many other studies see first-hand experience as positive for participants. Similarly, we cannot decide whether the knowledge increase occurs from learning at workstations, which allows the participants an intense confrontation with the issue, or the out-of-classroom situation. However, our program and/or the participants' age contributed to an increase in the three dimensions of knowledge. Our present study supports the intent to short-term outreach interventions in a student-centered framework: Not only for pupils but also for teachers, a short-term learning unit might better match tight school schedules. Our results are quite encouraging for environmental education as they relate system, action-related and effectiveness knowledge with each other within one educational module. All three types of knowledge are regarded as an important basis to influence general ecological behavior, which must be the final goal of every educational approach in environmental education. Based on the model of the three dimensions of knowledge and our results, even short-term educational programs have the potential to influence conservation behavior. For the protection of water even more of these learning programs should be developed. In many areas a change in human behavior is already necessary to protect our most important resource.

Acknowledgments

This study was supported by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF): “RiSKWa-Verbundprojekt PRiMaT: Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung” (#02WRS1279L). We specifically thank the field centre “Jugendwaldheim” of the National park Bavarian Forest as well as all teachers and pupils involved in this study for their cooperation. Additionally, we are very thankful to Michael Wiseman for discussion on earlier drafts of the manuscript.

Author Contributions

This study is part of the PhD thesis of Christian Fremerey supervised by Franz X. Bogner.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes (BBGU). *An die Verbraucherinnen und Verbraucher über die Qualität von Wasser für den Menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland*; BBGU: Bonn, Dessau, 2011. (In German)
2. Grummt, H.J. The drinking water quality in Germany in the period from 2002 to 2004. An overview. *Bundesgesundheitsblatt—Gesundheitsforschung—Gesundheitsschutz* **2007**, *50*, 276–283. (In German)
3. Bartel, H.; Dieter, H.H.; Feuerpfeil, I.; Grummt, H.J.; Grummt, T.; Hummel, A.; Konietzka, R.; Litz, N.; Rapp, T.; Rechenberg, J.; *Rund um das Trinkwasser*, 2nd ed.; Umweltbundesamt (UBA): Dessau-Roßlau, Germany, 2010. (In German)
4. Parag, Y.; Roberts, J.T. A battle against the bottles: Building, claiming and regaining tap-water, trustworthiness. *Soc. Nat. Resour.* **2009**, *22*, 625–636.
5. Doria, M.F.; Pidgeon, N.; Hunter, P.R. Perceptions of drinking water quality and risk and its effect on behavior: A cross-national study. *Sci. Total Environ.* **2009**, *406*, 5455–5464.
6. Pereira, M.P.; Pestana, M.E.M. Pupils’ representations of models of water. *Int. J. Sci. Educ.* **1991**, *13*, 313–319.
7. Bavarian Ministry of Education. Lehrplan Gymnasium G8 [Curriculum Gymnasium G8]. 2009. Available online: <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26172> (accessed on 17 October 2014).
8. Kaiser, F.G.; Frick, J. Entwicklung eines Messinstrumentes zur Erfassung von Umweltwissen auf der Basis des MRCML-Modells. *Diagnostica* **2002**, *38*, 181–189.
9. Frick, J.; Kaiser, F.G.; Wilson, M. Environmental knowledge and conservation behavior: Exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personal. Individ. Differ.* **2004**, *37*, 1597–1613.
10. Kaiser, F.G.; Fuhrer, U. Ecological behavior’s dependency on different forms of knowledge. *Appl. Psychol.* **2003**, *52*, 598–613.

11. Kaiser, F.G.; Roczen, N.; Bogner, F.X. Competence formation in environmental education: Advancing ecology-specific rather than general abilities. *Umweltpsychologie* **2008**, *12*, 56–70.
12. Roczen, N.; Kaiser, F.G.; Bogner, F.X.; Wilson, M.A. Competence model for environmental education. *Environ. Behav.* **2014**, *46*, 972–992.
13. Schahn, J.; Holzer, E. Studies of individual environmental concern. The role of knowledge, gender, and background variables. *Environ. Behav.* **1990**, *22*, 767–786.
14. Roczen, N.; Kaiser, F.G.; Bogner, F.X. Umweltförderkompetenz—Modellierung, entwicklung und förderung. projekt umweltkompetenz. *Z. Pädagog.* **2010**, *56*, 126–134.
15. Settlage, J. Understanding the learning cycle: Influences on abilities to embrace the approach by pre-service elementary school teachers. *Sci. Educ.* **2000**, *84*, 43–50.
16. Randler, C.; Baumgärtner, S.; Eisele, H.; Kienzle, W. Learning at workstations in the zoo: A controlled evaluation of cognitive and affective outcomes. *Visit. Stud.* **2007**, *10*, 205–216.
17. Sturm, H.; Bogner, F.X. Learning at workstations in two different environments: A museum and a classroom. *Stud. Educ. Eval.* **2010**, *36*, 14–19.
18. Herrington, J.; Oliver, R. An instructional design framework for authentic learning environments. *Educ. Technol. Res. Dev.* **2000**, *48*, 23–48.
19. Sturm, H.; Bogner, F.X. Student-oriented versus Teacher-centered: The effect of learning at workstations about bird flight on cognitive achievement and motivation. *Int. J. Sci. Educ.* **2008**, *30*, 941–959.
20. Randler, C.; Bogner, F.X. Cognitive achievements in identification skills. *J. Biol. Educ.* **2006**, *40*, 161–165.
21. Meissner, B.; Bogner, F.X. Enriching students' education using interactive workstations at a salt mine turned science center. *J. Chem. Educ.* **2011**, *88*, 510–515.
22. Randler, C.; Bogner, F.X. Comparing methods of instruction using bird species identification skills as indicators. *J. Biol. Educ.* **2002**, *36*, 181–188.
23. Schaal, S.; Bogner, F.X. Human visual perception—Learning at workstations. *J. Biol. Educ.* **2005**, *40*, 32–37.
24. Felder, R.M.; Felder, G.N.; Dietz, E.J. A longitudinal study of engineering student performance and retention. V. Comparisons with traditionally-taught students. *J. Eng. Educ.* **1998**, *87*, 469–480.
25. Heyne, T.; Bogner, F.X. Guided learning at workstations about drug prevention with low achievers in science education. *World J. Educ.* **2012**, *2*, 1–12.
26. Bogner, F.X. The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *J. Environ. Educ.* **1998**, *29*, 17–29.
27. Lieflaender, A.K.; Bogner, F.X.; Kibbe, A.; Kaiser, F.G. Effectively promoting and measuring environmental knowledge dimensions. *Int. J. Sci. Educ.* **2014**, Submitted.
28. Bogner, F.X.; Beyer, K.P. Empirical numbers must represent real numbers: Learning about species protection. *Fresenius Environ. Bull.* **2006**, *15*, 777–781.
29. Fremerey, C.; Bogner, F.X. Cognitive learning outcome in authentic learning environments depends on green attitude preferences. *Stud. Educ. Eval.* **2014**, Submitted.
30. Kossack, A.; Bogner, F.X. How does a one-day environmental education program support individual connectedness with nature? *J. Biol. Educ.* **2012**, *46*, 180–187.

31. Bogner, F.X. The influence of a residential outdoor education program to pupil's environmental perception. *Eur. J. Psychol. Educ.* **2002**, *17*, 19–34.
32. Scharfenberg, F.J.; Bogner, F.X. Teaching gene technology in an outreach lab: Students' assigned cognitive load clusters and the cluster's relationships to learner characteristics, laboratory variables, and cognitive achievement. *Res. Sci. Educ.* **2013**, *43*, 141–161.
33. Stein, S.J.; Isaacs, G.; Andrews, T. Incorporating authentic learning experiences within a university course. *Stud. High. Educ.* **2004**, *29*, 239–258.
34. Johnson, B.; Manoli, C. The 2-MEV scale in the United States: A measure of children's environmental attitudes based on the theory of ecological attitude. *J. Environ. Educ.* **2010**, *42*, 84–97.
35. Fancovicova, J.; Prokop, P. Plants have a chance: Outdoor educational program alter students' knowledge and attitudes towards plants. *Environ. Educ. Res.* **2011**, *17*, 537–551.
36. Sellmann, D.; Bogner, F.X. Climate change education: Quantitatively assessing the impact of a botanical garden as an informal learning environment. *Environ. Educ. Res.* **2013**, *19*, 415–429.
37. Taiwo, A.A.; Ray, H.; Motswiri, M.J.; Masene, R. Perceptions of the water cycle among primary school children in Botswana. *Int. J. Sci. Educ.* **1999**, *21*, 413–429.
38. Dickerson, D.; Callahan, T.J.; van Sickle, M.; Hay, G. Students' conceptions of scale regarding groundwater. *J. Geosci. Educ.* **2005**, *53*, 374–380.
39. Fremerey, C.; Bogner, F.X. Conceptions about drinking water of 10th graders and undergraduates. *J. Water Res. Prot.* **2014**, *6*, 1112–1123.
40. Calik, M.; Ayas, A. A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *J. Res. Sci. Teach.* **2005**, *42*, 638–667.
41. Duit, R.; Treagust, D.F. Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *Int. J. Sci. Educ.* **2003**, *25*, 671–688.
42. Bond, T.G.; Fox, C.M. *Applying the Rasch Modell—Fundamental Measurement in the Human Sciences*, 2nd ed.; Routledge Taylor & Francis Group: New York, NY, USA; London, UK, 2010.
43. Lienert, G.A. *Testaufbau und Testanalyse*, 3rd ed.; Julius Beltz: Weinheim, Germany; Berlin, Germany; Basel, Switzerland, 1969. (In German)
44. Bortz, J.; Doering, N. *Forschungsmethoden und Evaluation*, 4th ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; New York, NY, USA, 2006. (In German)
45. Field, A. *Discovering Statistics Using SPSS (and Sex and Drugs and Rock "n" Roll)*, 3rd ed.; Sage: Los Angeles, CA, USA, 2009.

© 2014 by the authors; licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ANHANG

ANHANG

Im Anhang befinden sich die benutzten Messinstrumente 2-MEV und semantisches Differential, sowie die selbst erstellten Fragebögen mit den neu entwickelten Wissensfragen und den Fragen für die Vorstellungen.

Die Unterrichtsmaterialien des Lernzirkels sind für die Publikation dieser Dissertationsschrift aus urheberrechtlichen Gründen nicht abgedruckt und stehen dem Gutachter als separater Anhang zur Verfügung.

Liebe(r) Schüler(in),

dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung und wird deshalb am Ende eingesammelt. Ihre Antworten werden aber in keiner Weise bewertet. Damit wir Ihre jetzigen Angaben mit späteren vergleichen können, bitten wir Sie den folgenden Code auszufüllen. Ihre Daten werden streng vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

Persönlicher CODE:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4	5	6	7	8

1 und 2: Ihr Geburtsmonat (z. B. Mai als „05“)

3 und 4: 1. und 2. Buchstabe des Vornamens Ihrer Mutter

5 und 6: 1. und 2. Buchstabe Ihres Geburtsortes

7 und 8: 3. und 4. Ziffer Ihres Geburtsjahres (z. B. 1986 als 86)

Allgemeine Angaben:

Datum

Jahrgangsstufe

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------

Geschlecht

Männlich

Weiblich

Beantworten Sie bitte nun alleine die Fragen auf den folgenden Seiten!

1. Was verbinden Sie mit dem Begriff Trinkwasser? Erklären Sie ausführlich!

2. Kann man das Leitungswasser in Deutschland bedenkenlos trinken? Begründen Sie Ihre Antwort!

3. Wie und woher gewinnt Deutschland sein Leitungswasser?

4. Wo wird unser Trinkwassers aufgereinigt?

5. Schätzen Sie die Anteile von (1) Salzwasser, (2) Gletscher/Eiskappen, (3) Grundwasser und (4) Fluss-/ Seewasser am Gesamtwasservorkommen (100%) auf der Welt!

(1) _____ %

(2) _____ %

(3) _____ %

(4) _____ %

6. a) Was ist Grundwasser und b) wie entsteht es?

7. Welche Gefahren gibt es für das Trinkwasser? Nennen Sie mindestens 3!

8.a) Schätzen Sie wieviel Liter Trinkwasser braucht ein Bürger Deutschlands im Durchschnitt pro Tag? b) Schätzen Sie wieviel Liter Trinkwasser brauchen Sie im Durchschnitt pro Tag? c) Welche Ihrer Tätigkeiten benötigt am meisten Wasser?

a) _____

b) _____

c) _____

9. Benutzen wir im Vergleich zu anderen Ländern zu viel Wasser? Nehmen Sie bitte Stellung!

10. Schätzen Sie, wann das Trinkwasser auf unserem Planeten verbraucht sein wird! Begründen Sie ihre Meinung!

11. Überlegen und begründen Sie Ihre Antwort: Wird Wasser aus dem Supermarkt oder Wasser aus dem Hahn besser kontrolliert?

12. Wie würden Sie die Qualität ihres Leitungswassers daheim einschätzen. Ist es von sehr guter, guter, schlechter oder sehr schlechter Qualität? Begründen Sie!

13. In den Lokalnachrichten Ihrer Heimatstadt wird gewarnt: „Da es zu einer gefährlichen Verschmutzung des Leitungswasser durch Schadstoffe und Bakterien gekommen ist, darf es nicht getrunken werden!“

a) Welcher Person würden Sie glauben, wenn wieder Entwarnung gegeben wird (z.B. Bürgermeister/ Politiker, Chefarzt des Krankenhauses, Leiter des Wasserwerkes, Ingenieur der Kläranlage, Lokalzeitung, andere Medien,.....)?

b) Begründen Sie bitte Ihre Entscheidung!

a) _____

b) _____

14. Hat das Wasser aus dem Wasserhahn und der Toilettenspülung die gleiche Qualität? Begründen Sie Ihre Meinung!

15. a) Was verstehen Sie unter dem Begriff „Trinkwasserverordnung“? b) Was legt diese Verordnung fest? c) Glauben Sie die deutsche Trinkwasserverordnung ist streng genug? Nehmen Sie Stellung!

a) _____

b) _____

c) _____

16. Würden Sie 1 µg/l Quecksilber im Trinkwasser akzeptieren? Begründen Sie Ihre Entscheidung!

17. a) Was trinken Sie zu Hause? b) Würden Sie eher zu einem Glas mit Leitungswasser oder gekauftem Flaschenwasser greifen? Begründen Sie ihre Entscheidung (z. B. Geschmack, Qualität, Kosten, etc....)!

a) _____

b) _____

18. Was verstehen Sie unter dem Begriff „virtuelles Wasser“?

19. Nennen Sie Vorschläge, wie man im Bereich „Trinkwasser“ der Umwelt etwas „Gutes“ tun kann.

VIELEN DANK FÜR IHRE MITARBEIT!

Liebe(r) Schüler(in),

dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung und wird deshalb am Ende eingesammelt. Deine Antworten werden aber in keiner Weise bewertet. Damit wir Deine jetzigen Angaben mit späteren vergleichen können, bitten wir Dich den folgenden Code auszufüllen. Deine Daten werden streng vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

Persönlicher CODE:

1	2	3	4	5	6	7	8

1 und 2: Dein Geburtsmonat (z. B. Mai als „05“)

3 und 4: 1. und 2. Buchstabe des Vornamens Deiner Mutter

5 und 6: 1. und 2. Buchstabe Deines Geburtsortes

7 und 8: 3. und 4. Ziffer Deines Geburtsjahres (z. B. 1986 als 86)

Allgemeine Angaben:

Datum _____

Schulart _____

Jahrgangsstufe

Geschlecht Männlich

Weiblich

Beantworte bitte nun alleine die folgenden Aussagen. Entscheide, ob Du die Aussagen für völlig richtig oder völlig falsch bewertest.

Bewerte bitte die folg. Aussagen, indem Du das Entsprechende ankreuzt:

	Völlig richtig	Ziemlich richtig	Unentschieden	Ziemlich falsch	Völlig falsch
1. Es ärgert mich, wenn Neubauten in die Landschaft gesetzt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Unkräuter sind genauso wichtig wie Gartenblumen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Um Wasser zu sparen, dusche ich statt ein Vollbad zu nehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Unser Planet hat unbegrenzte Ressourcen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Man muss nicht eigens Land für den Natur- und Artenschutz aufkaufen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Umweltschutz geht nicht zu Lasten des Fortschritts.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Die Menschheit muss mit der Natur in Harmonie leben, um zu überleben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Wir müssen Straßen bauen, um in die Natur hinausfahren zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 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"/>
10. Der Mensch darf die Natur nicht für seine Bedürfnisse ändern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Libellen am Rand eines Weihers zu beobachten ist langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Die Natur kann sich immer selbst helfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Schmutziger Rauch aus Kaminen ärgert mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Wir müssen Wälder abholzen dürfen, um möglichst viele Getreidefelder anzulegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Unsere Gesellschaft wird auch die schlimmsten Umweltprobleme lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Menschen sind auch nicht wichtiger als die anderen Lebewesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Es ist interessant zu wissen, welche Art von Tieren im Wasser leben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Die Menschen regen sich viel zu sehr über Umweltverschmutzung auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Stille in Natur draußen macht mir Angst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Wir sollten nicht nur nützliche Tiere und Pflanzen schützen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Liebe(r) Schüler(in),

dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung und wird deshalb am Ende eingesammelt. Deine Antworten werden aber in keiner Weise bewertet. Damit wir Deine jetzigen Angaben mit späteren vergleichen können, bitten wir Dich den folgenden Code auszufüllen. Deine Daten werden streng vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

Persönlicher CODE:

1	2	3	4	5	6	7	8

1 und 2: Dein Geburtsmonat (z. B. Mai als „05“)

3 und 4: 1. und 2. Buchstabe des Vornamens Deiner Mutter

5 und 6: 1. und 2. Buchstabe Deines Geburtsortes

7 und 8: 3. und 4. Ziffer Deines Geburtsjahres (z. B. 1986 als 86)

Allgemeine Angaben:

Datum

Schulart

Jahrgangsstufe

--	--

Geschlecht

Männlich

Weiblich

Bitte bewerte nun alleine die folgenden drei Aktionen! Du musst für jede Einschätzung **nur ein Kreuz** setzen, wie im Beispiel erklärt. Je nachdem zu was Du mehr tendierst.

Beispiel:

Leitungswasser ist in Deutschland....

sauber	X					dreckig
lecker			X			nicht lecker
stark kontrolliert	X					wenig kontrolliert
trinkbar	X					nicht trinkbar

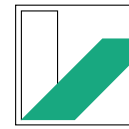
Bewertung der Aktionen. Bitte nur ein Kreuz pro Einschätzung!

Der Film war...

wichtig						nicht wichtig
klar						nicht klar
unterhaltsam						nicht unterhaltsam
interessant						nicht interessant
einfach zu verstehen						schwierig zu verstehen
motivierend						nicht motivierend
nützlich						unnützlich
unverzichtbar						unbedeutend
gut						schlecht

Der Rundgang im Wasserwerk war...

wichtig						nicht wichtig
klar						nicht klar
unterhaltsam						nicht unterhaltsam
interessant						nicht interessant
einfach zu verstehen						schwierig zu verstehen
motivierend						nicht motivierend
nützlich						unnützlich
unverzichtbar						unbedeutend
gut						schlecht



Liebe(r) Schüler(in),

dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung und wird deshalb am Ende eingesammelt. Die Antworten werden aber in keiner Weise bewertet. Damit wir Deine jetzigen Angaben mit späteren vergleichen können, bitten wir Dich den folgenden Code auszufüllen. Deine Daten werden streng vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

Persönlicher CODE:

<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>
1	2	3	4	5	6	7	8

1 und 2: Dein Geburtsmonat (z. B. Mai als „05“)

3 und 4: 1. und 2. Buchstabe des Vornamens Deiner Mutter

5 und 6: 1. und 2. Buchstabe Deines Geburtsortes

7 und 8: 3. und 4. Ziffer Deines Geburtsjahres (z. B. 1998 als 98)

Allgemeine Angaben:

Datum _____

Schulart _____

Jahrgangsstufe

Geschlecht Männlich
 Weiblich

Bitte beantworte nun alleine die folgenden Fragen!

Es gibt immer nur **1 richtige Antwort.**

Wenn Du **eine Antwort nicht weißt**, kreuze einfach nichts bei der Frage an.

1. Warum wurde der Albstollen von der Bodensee-Wasserversorgung gebaut?

- Damit das Wasser durch den kürzeren Weg weniger an Qualität verliert.
- Um den steigenden Bedarf an Wasser in diesen Regionen decken zu können.
- Damit in Krisenfällen eine Ersatzleitung für die Wasserversorgung bereitsteht.
- Um das Wasser im natürlichen Gefälle energiesparend zu transportieren.

2. In den Bodensee fließt...

- 100-mal mehr Wasser als wir nutzen können.
- 10-mal mehr Wasser als wir nutzen können.
- 0-mal mehr Wasser als wir nutzen können.
- halb so viel Wasser wie wir nutzen können.

3. Die Rohrleitungen der Bodensee-Wasserversorgung durchqueren Baden-Württemberg von Süd nach Nord, ihre Gesamtlänge beläuft sich auf....

- 1700 km (vom Bodensee bis zum Schwarzen Meer).
- 850 km (vom Bodensee bis zur Nordsee).
- 580 km (vom Bodensee bis nach Paris).
- 2360 km (vom Bodensee nach Moskau).

4. Die Wassermenge, die die Bodensee-Wasserversorgung dem Bodensee jedes Jahr entnimmt ist....

- halb so groß wie die Menge die auf natürlichem Wege verdunstet.
- halb so groß, wie die Menge an Regenwasser die in den See fällt.
- halb so groß, wie die Menge an frischem Wasser, das aus Flüssen zufließt.
- halb so groß, wie die Menge an Wasser, die aus dem Bodensee fließt.

5. Das Wasser im Quellbecken hat eine grünliche Farbe, weil...

- Algen aus dem See vorhanden sind.
- die Beckenränder grün gestrichen sind.
- Süßwasser eine natürliche grüne Farbe besitzt.
- es eine optische Täuschung durch das Licht ist.

6. Welchen Aufbereitungsschritt des Trinkwassers findet man nicht bei der Bodensee-Wasserversorgung?

- Reinigung durch Mikrosiebe
- Säuberung durch Aktivkohle
- Filtration durch Sandbecken
- Entkeimung mit Ozon

7. Wie lange braucht das Wasser vom Bodensee bis nach Stuttgart?

- 2 Tage
- 2 Stunden
- 1 Woche
- 2 Wochen

8. Wie viel Trinkwasser verbraucht durchschnittlich ein Bürger in Deutschland?

- 3 Liter
- 121 Liter
- 60 Liter
- 500 Liter

9. Von Algen und Plankton wird das Wasser bei der Bodensee-Wasserversorgung durch...

- aktiven Sauerstoff befreit.
- starkes Erhitzen befreit.
- feine Mikrosiebe befreit.
- Sandfilterbecken befreit.

10. Welche Aufgabe hat ein Wasserwerk?

- Es reinigt Abwasser, so dass dieses wieder in die Gewässer geleitet werden kann.
- Es hat die Aufgabe, aus Wasserkraft Strom zu produzieren.
- Es macht Wasser so sauber, dass man es trinken kann.
- Es stellt Mineralwasser für den Verkauf her.

11. Warum gibt es den Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung?

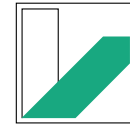
- Weil eine Zusatzversorgung durch den Wassermangel in manchen Gegenden nötig war.
- Damit keine ausländische Firma das Bodenseewasser verkauft.
- Um das Wasser im Bodensee vor Verunreinigungen zu schützen.
- Mit der Wasserentnahme ist er ein wichtiger Hochwasserschutz für die Region.

12. Wo entnimmt die Bodensee-Wasserversorgung das Rohwasser?

- In 60 m Tiefe.
- Direkt am Ufer.
- In 5 m Tiefe.
- Am Grund des Sees.

genehmigt

KMS II.7-5 O 5106/76/5 (am 11.10.2012)

UNIVERSITÄT
BAYREUTH

Liebe(r) Schüler(in),

dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung und wird deshalb am Ende eingesammelt. Ihre Antworten werden aber in keiner Weise bewertet. Damit wir Ihre jetzigen Angaben mit späteren vergleichen können, bitten wir Sie den folgenden Code auszufüllen. Ihre Daten werden streng vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

Persönlicher CODE:

<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 30px;" type="text"/>
1	2	3	4	5	6	7	8

1 und 2: Ihr Geburtsmonat (z. B. Mai als „05“)**3 und 4:** 1. und 2. Buchstabe des Vornamens Ihrer Mutter**5 und 6:** 1. und 2. Buchstabe Ihres Geburtsortes**7 und 8:** 3. und 4. Ziffer Ihres Geburtsjahres (z. B. 1986 als 86)**Allgemeine Angaben:**

Datum

Jahrgangsstufe

Geschlecht

 Männlich Weiblich

Beantworten Sie bitte nun alleine die folgenden Fragen! Es gibt immer nur **1 richtige** Antwort. Wenn Sie eine Antwort nicht wissen, kreuzen Sie die Frage nicht an.

1. Wie viel Wasser setzt der Körper durchschnittlich jeden Tag um (ohne starke körperliche Belastung)?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 l | 1 l | 4 l | 3 l |

2. Der Kauf von welchem Supermarktwasser ist am ehesten umweltschädigend?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Natürliches Heilwasser | Tafelwasser | Stilles Mineralwasser | Quellwasser |

3. Welcher Satz trifft auf den natürlichen Wasserkreislauf zu?

- Das Salzwasser der Meere kann nicht genutzt werden.
- Wassermoleküle wechseln ständig die Aggregatzustände: flüssig – gasförmig
- Jeder Tropfen kommt irgendwann einmal zurück.
- Er läuft immer langsamer, weil wir zu viel Wasser verbrauchen.

4. Welcher der folgenden Stoffe hat laut Trinkwasserverordnung den höchsten erlaubten Grenzwert (mg/l)?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fluorid | Natrium | Sulfat | Eisen |

5. Aus welcher Wasserart gewinnt Deutschland fast kein Trinkwasser?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Grundwasser | Meerwasser | Quellwasser | Fluss-/ Seewasser |

6. Was ist das wichtigste Argument dafür, dass Trinkwasser als eines der saubersten Lebensmittel gilt?

- es muss genauso gut wie Mineralwasser sein.
- es kann für Säuglinge gebraucht werden.
- es muss auf viele Parameter untersucht werden.
- die Fördermenge ist begrenzt.

7. Die Aufreinigungsmethode der Adsorption nutzt vor allem die Fähigkeit, dass bestimmte Stoffe andere....

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| binden | ausfällen | umwandeln | abbauen |

8. Viele Lebensmittel, die wir in Deutschland kaufen können, kommen aus Ländern, wo es wenig regnet. Beim Kauf von welchem Produkt wird am wenigsten „Wasserraub“ begangen?

- Baumwoll-Kleidung aus Usbekistan
- Kaffee aus dem kenianischen Hochland
- Tomaten aus dem spanischen Almeria
- Weizenprodukte aus Somalia

9. Kläranlagen und Wasserwerke können sämtliche Verunreinigungen nahezu vollständig wieder entfernen und liefern so stets sauberes Trinkwasser. Trotzdem sollte man:

- weniger Wasser benutzen, damit weniger wieder aufgereinigt werden muss.
- das Leitungswasser regelmäßig auf Verunreinigungen kontrollieren.
- mehr sauberes Wasser dem Abwasser zufügen, damit es verdünnt wird.
- darauf achten, keine Schadstoffe in das Abwasser zu bringen.

10. Trinkt man Mineralwasser aus der Flasche ist dieses Wasser gegenüber Leitungswasser aus dem Hahn...

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| viel gesünder | billiger | umweltschonender | weniger kontrolliert |

11. Der menschliche Körper braucht eine ständige Wasserzufuhr, um Verluste auszugleichen. Bei wieviel Prozent Wasserverlust vom Gesamtwassergehalt des Körpers treten erste Schädigungen auf?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 % | 20 % | 15 % | 10 % |

12. Mit dem eigenen Handy kann man Wasser sparen, indem man...

- ein neues und energieeffizientes Handy kauft.
- ein möglichst billiges Handy kauft.
- es länger als 2 Jahre benutzt.
- es nur lädt, wenn der Akku komplett leer ist.

13. Durch welche Gefahr werden die Wasserunternehmen gehindert auf den niedrigen Wasserverbrauch mit kleineren Rohren zu reagieren?

- In Wasserschutzgebieten dürfen keine Rohre mehr verlegt werden.
- Es könnte passieren, dass zu wenig Wasser bereitgestellt wird.
- Die Durchflussgeschwindigkeit könnte sich zu stark erhöhen.
- Die kleineren Rohre sind schlechter zu reinigen.

14. Mit der heutigen Filtertechnik kann man Wasser sehr gut aufreinigen. Wie müssen die Filter für eine optimale Reinigung angeordnet werden?

- Mikrofiltration, Sandfiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration
- Sandfiltration, Mikrofiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration
- Sandfiltration, Ultrafiltration, Mikrofiltration, Nanofiltration
- Sandfiltration, Mikrofiltration, Nanofiltration, Ultrafiltration

15. Mit welcher Maßnahme kann man effektiv Wasser sparen?

- Geschirr per Hand waschen
- Regionale Produkte kaufen
- Mineralwasser kaufen
- Wäsche vorwaschen

16. Neben den Ozeanen gibt es einen weiteren großen Wasserspeicher im Wasserkreislauf! Welchen?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Grundwasser | Biomasse | Gletscher | Atmosphäre |

17. Welches Rohwasser lässt sich am einfachsten für die Trinkwassergewinnung nach dem Prinzip der Grundwasseranreicherung verwenden?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Seewasser | Grundwasser | Quellwasser | Flusswasser |

18. Welche Regel könnte man zum Beispiel bei der Verwendung von Putzmittel befolgen, um Wasser so wenig wie möglich zu verschmutzen?

- ein Spritzer genügt
- Viel hilft wenig
- das richtige Mittel für den jeweiligen Fleck
- Sieht aus wie Wasser, ist besser für Wasser

19. Wer reinigt unser Trinkwasser auf?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Jeder für sich | Filter am Hausanschluss | Wasserwerk | Kläranlage |

20. Ein Mann wiegt 100 kg. Wie viel kg davon sind Wasser?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 54 kg | 48 kg | 76 kg | 62 kg |

21. Tafelwasser kostet im Vergleich zu Leitungswasser durchschnittlich mehr als das....

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 320 fache | 180 fache | 80 fache | 15 fache |

22. Was sollte man im eigenen Garten tun, um das Grundwasser zu schützen?

- so gut wie nie düngen
- Pflanzenschutzmittel verwenden
- das Unkraut wachsen lassen
- Beete vor Regen schützen

23. Trinkwasser aus der Leitung kann man in Deutschland bedenkenlos trinken, weil...

- jedes Haus einen sehr guten Reinigungsfilter besitzt.
- es genauso sauber sein muss, wie das Flaschenwasser.
- es in der Kläranlage desinfiziert und gereinigt wird.
- es das am strengsten kontrollierte Lebensmittel ist.

24. Die verschiedenen Bodenschichten reinigen das versickernde Wasser sehr gut auf. Wie müssten Sie die einzelnen Schichten in einem Versuch aufbauen, dass diese den natürlichen Begebenheiten nahe kommen?

- grober Kies – feiner Kies – Sand – Erde
- Sand – grober Kies – feiner Kies – Erde
- Sand – feiner Kies – grober Kies – Erde
- feiner Kies – grober Kies – Sand – Erde

25. Bezüglich des Umweltschutzes ist am wenigsten sinnvoll...

- keine Medikamente in die Toilette werfen
- beim Zähneputzen das Wasser abstellen
- Leitungswasser statt Mineralwasser trinken
- weniger Warmwasser verbrauchen

26. Wie viel Wasser kann man mit einem Perlstrahler (Luftsprudler für den Wasserhahn) einsparen?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bis zu 20% | bis zu 40% | bis zu 60% | bis zu 80% |

27. Wie viel Liter Wasser kann durchschnittlich gespart werden, wenn man duscht statt badet?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bis zu 200 Liter | bis zu 120 Liter | bis zu 60 Liter | bis zu 30 Liter |

28. Welche Tätigkeit „verschwendet“ das meiste Wasser in unserem Körper?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Atmung | Speichel | Stuhlgang | Urin |

29. Pro Tag verschwinden allein über den Toilettengang bis zu...

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 33 l | 44 l | 11 l | 22 l |

30. Wie viel Liter Wasser braucht ein Bürger Deutschlands durchschnittlich pro Tag?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 87 l | 102 l | 122 l | 148 l |

31. Mit dem Verzicht auf welches Produkt können Sie am meisten virtuelles Wasser sparen?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1 kg Rindfleisch | 1 kg Reis | 1 kg Käse | 1 kg Kaffee |

32. Das einmalige Betätigen der Toilettenspülung benötigt genauso viel Wasser, wie...

- der Verbrauch an virtuellem Wasser für einen Becher Tee (250 g).
- wenn man sich für 30 Sekunden die Hände wäscht.
- ein Laubbaum in unserer Region an einem warmen Sommertag verdunstet.
- vielen Menschen in Entwicklungsländer pro Tag zur Verfügung steht.

33. Wodurch könnte die steigende Nitratbelastung im Grundwasser hauptsächlich verringert werden?

- den zunehmenden Autoverkehr reduzieren
- das Düngen in der Landwirtschaft reduzieren
- die industrielle Luftverschmutzung reduzieren
- die Einleitung von Abwässern in die Gewässer reduzieren

34. Für welche Tätigkeit braucht man pro Tag im Durchschnitt das meiste Wasser?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Toilettenspülung | Körperpflege | Geschirr spülen | Wäsche waschen |

35. Welcher Faktor bestimmt die Anzahl der Trinkwasserkontrollen, die pro Tag bzw. pro Jahr durchgeführt werden müssen?

- die hergestellte Menge des Wassers
- der Aufbereitungsort des Wassers
- die Herkunft des Wassers
- der Zeitpunkt der Entnahme des Wassers

36. Wie viel Prozent des gesamten Wassers auf der Erde ist Salzwasser?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 97 % | 67 % | 74 % | 56 % |

37. Welche dieser Gefahren belasten das Grundwasser in Deutschland am wenigsten?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Autounfälle | Rohstoffgewinnung | Mülldeponien | Industrie-/ Autoabgase |

38. Welche Krankheit wird **nicht** durch Bakterien in unsauberem Trinkwasser verursacht?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Tetanus | Cholera | Diarrhöe | Thypus |

39. Wenn man Wasser nach der ersten Methode unserer Steinzeit-Vorfahren aufreinigen will, dann benutzt man:

- Felle und Leinentücher
- Rinde und Moos
- Blätter und Äste
- Stroh und Grashalme

40. Wie viel Prozent des weltweiten Wasservorkommens können als Trinkwasser genutzt werden?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 0,1 % | 1,3 % | 0,3 % | 2,6 % |

41. Wie viel Prozent des zur Verfügung stehenden Wasservorkommens bleiben in Deutschland ungenutzt?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 68 % | 52 % | 81 % | 74 % |

42. Wie viele Teile der gesamten Erde sind von Wasser bedeckt?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 63 % | 54 % | 80 % | 71 % |

ENDE!

VIELEN DANK FÜR IHRE MITARBEIT!

DANKSAGUNG

DANKSAGUNG

Mein erster Dank geht an Herrn Prof. Dr. Bogner für die Möglichkeit an seinem Lehrstuhl promovieren zu dürfen. Vielen Dank für die Hilfestellungen beim wissenschaftlichen Schreiben, sowie bei Fragen und Problemen. Weiterhin möchte ich mich bedanken, für die vielen Anregungen, das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten und die Möglichkeit in einem interessanten BMBF-Projekt mitzuarbeiten. Durch diverse andere Tagungen, Konferenzen, etc. konnte ich meine Kompetenzen und meinen Erfahrungshorizont erweitern.

Besonderer Dank geht auch an Frau Sabine Hübner und Herrn Franz-Josef Scharfenberg, die immer mit Rat und Tat zur Seite standen, sei es bei Computer oder SPSS Problemen, bei didaktischen Forschungsfragen oder bei der Durchführung der Lehre, die mir immer sehr viel Spaß bereitet hat.

Zudem richtet sich ein großer Dank auch an alle aktuellen und ehemaligen Kolleginnen, sowie ehemaligen Kollegen, die mich die drei Jahre mit begleitet, beraten und unterhalten haben.

Danke auch an das Sekretärinnen-Team, die alle organisatorischen Dinge übernommen haben und immer hilfsbereit waren.

Ein weiter besonderer Dank gilt den Partnern des PRiMaT-Projektes, der Leitung des Jugendwaldheims des Nationalparks Bayerischer Wald und meinen Studienkollegen für die Unterstützung bei der empirischen Datenerhebung der drei Teilstudien. Namentlich erwähnen möchte ich gerne Frau Rita Gaidies und Frau Maria Quignon, durch deren Hilfe ich die nötigen Schülerzahlen für meine Auswertung bekommen habe.

Ein großer Dank geht natürlich auch an alle Lehrerinnen und Lehrer, sowie Schülerinnen und Schüler, die an meinen Teilstudien teilgenommen haben und so zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Vielen lieben Dank auch an meine Familie und Engsten, dass ihr da wart und seid.

Zusammenfassend einfach nur ein riesiges und herzliches Dankeschön an alle die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben!

(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 selbstständig 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.*

Ort, Datum, Unterschrift