



– Originalbeitrag –

Evaluation und Förderung von ökologischen Facetten einer Nachhaltigkeitskompetenz bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I

Evaluating and fostering ecological aspects of a sustainability competence among secondary students

Tobias Hoppe und Werner Rieß

*Pädagogische Hochschule Freiburg,
Institut für Biologie und ihre Didaktik*

ZUSAMMENFASSUNG

Um globalen Herausforderungen wie der ökologischen Krise zu begegnen und an einer nachhaltigen Entwicklung mitzuwirken, benötigen Lernende ein grundlegendes Verständnis ökologischer Prinzipien und Wirkungszusammenhänge. Im Unterrichtsfach Biologie sollen hierfür wesentliche ökologische Konzepte vermittelt werden. Gleichzeitig hat sich gezeigt, dass Lernende trotz oft vorausgegangenem Unterricht häufig Schwierigkeiten haben, relevante Aspekte wie z. B. die essentielle Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen angemessen einzuschätzen. Es stellt sich die Frage, wie sich bei Lernenden das Verständnis ökologischer Konzepte entwickelt und wie es wirksam gefördert werden kann. Zur Beantwortung dieser Fragen wurden im Rahmen einer Querschnittstudie Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I aus unterschiedlichen Klassenstufen zu ihren Vorstellungen und Denkmustern zu wesentlichen ökologischen Konzepten befragt ($N = 294$). Darüber hinaus wurden im Rahmen einer Wirksamkeitsstudie die Effekte eines Waldschulheimaufenthalts auf die Entwicklung eines Verständnisses der Bedeutung von Pflanzen und von Prozessen der Stoffzersetzung getestet ($N = 52$). Es zeigte sich u. a., dass sich die Vorstellungen der Lernenden zur Stoffzersetzung im Laufe der Sekundarstufe I deutlich in Richtung fachlich gültiger Vorstellungen veränderten. Durch den Waldschulheimaufenthalt konnten lediglich einzelne Aspekte gefördert werden, z. B. die Artenkenntnis von Pflanzen des Waldes. Die Ergebnisse werden in Hinblick auf die Wirkung von Biologieunterricht und die Entwicklung von Lernangeboten hinsichtlich der Förderung nachhaltigkeitsrelevanten ökologischen Wissens diskutiert.

Schlüsselwörter: Nachhaltigkeitskompetenz, plant blindness, Stoffzersetzung, Schülervorstellungen, Interesse, Biologieunterricht, außerschulisches Lernen, Sekundarstufe I

ABSTRACT

Learners need a substantial understanding of ecological principles and interdependencies in order to encounter global challenges such as the ecological crisis. Basic ecological concepts make up common contents in biology lessons. At the same time, learners seem to experience difficulties acquiring relevant aspects such as, for example, plants' essential role within ecosystems. Within the scope of a cross-sectional study, we asked secondary students from different grades about their conceptions and thinking patterns about basic ecological concepts ($N = 294$). For example, we found that students seem to reconstruct their intuitive conceptions about material cycles towards valid scientific conceptions in the course of the secondary school. Further, we examined the effects of a stay in a forest-based, extra-curricular learning center on the development of an understanding of plants' role in ecosystems as well as an understanding of decompositions processes ($N = 52$). While students' understanding of decomposition processes improved in the course of secondary school, through these extra-curricular learning activities only the knowledge of plant species could be fostered substantially. The results of this study are discussed considering the effects of biology lessons as well as the development of adequate interventions.

Key words: sustainability competence, plant blindness, biological decomposition, student conceptions, interest, biology education, extracurricular learning, secondary education

1 Einleitung

Um Personen zu ermöglichen, globalen Herausforderungen wie der ökologischen Krise zu begegnen, benötigen diese ein grundlegendes Verständnis der Zusammenhänge in Ökosystemen. Dazu zählen wichtige ökologische Konzepte wie Stoffkreisläufe, Energieflüsse und Nahrungsnetze (Cherrett, 1990), aber auch das Erkennen der herausragenden Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen (z. B. Jose, Wu & Kamoun, 2019). In Bildungsstandards, Lehr-, Rahmen- und Bildungsplänen wird entsprechend gefordert, dass Schülerinnen und Schüler befähigt werden auf lokaler und globaler Ebene einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung zu leisten (vgl. z. B. Leitperspektive BNE in den Bildungsplänen 2016 für Baden-Württemberg; Rieß, 2010). Die hierfür notwendige Gesamtheit an kognitiven Fähigkeiten sowie damit verbundene motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften zum Lösen nachhaltigkeitsrelevanter Probleme und Gestalten einer nachhaltigen Entwicklung wird als Nachhaltigkeitskompetenz bezeichnet (vgl. Rieß, Mischo & Waltner, 2018; Waltner, Rieß & Mischo, 2019). Dabei kann zwischen einer basalen fächerübergreifenden und einer basalen fachspezifischen Nachhaltigkeitskompetenz unterschieden werden, die im Lauf der Schulzeit gefördert werden können und verschiedene Facetten umfassen (bspw. Wissen, Kenntnisse, Einstellungen, Verhaltensbereitschaften). Die Entwicklung von Nachhaltigkeitskompetenz trägt wesentlich dazu bei, dass wichtige *Sustainable Development Goals* mit ökologischem Fokus (z. B. Ziel 13: Klimaschutz – Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen, Ziel 15: Leben an Land – Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern [...]) erreicht werden können (Rieckmann, 2018).

Dem Unterrichtsfach Biologie kommt für die Aneignung ökologischer Kenntnisse eine entscheidende Rolle zu: Die o. g. ökologischen Konzepte sind in den Curricula des Faches aufgeführt und sollen an die Lernenden vermittelt werden (Rieß et al., 2018). Um wesentliche ökologische Kenntnisse zu vermitteln, wird im Biologieunterricht häufig in exemplarischer Form das Ökosystem Wald thematisiert (Hammann & Asshoff, 2015). Grundlegend soll den Lernenden durch den Unterricht ermöglicht werden, ihre bereits vorhandenen, oft fachlich unzureichenden Vorstellungen zu ökologischen Konzepten in Richtung eines fachlich gültigen Ver-

ständnisses zu rekonstruieren (Gropengießer & Marohn, 2018). Um Aufschluss darüber zu erhalten, ob im Rahmen der Entwicklung bestimmter Wissensfacetten von Nachhaltigkeitskompetenz entscheidende ökologische Kenntnisse im Biologieunterricht angeeignet werden, sind in der vorliegenden Untersuchung Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher Klassenstufen der Sekundarstufe I aufbauend auf Befunden der Schülervorstellungsforschung nach ihren Vorstellungen zu nachhaltigkeitsrelevanten ökologischen Aspekten befragt worden. Die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler wurden vor dem Hintergrund fachlich gültiger Perspektiven bewertet, um deren Nähe bzw. Distanz zu fachlich gültigen Konzepten einzuschätzen. Darüber hinaus stellt sich die Frage, welche spezifischen Fördermaßnahmen eine Aneignung relevanter ökologischer Kenntnisse begünstigen. Hier wurde die Wirkung eines mehrtägigen Waldschulheimaufenthalts als eine Form außerschulischen Lernens getestet. Neben bestimmten Wissensaspekten wurde jeweils auch das Interesse der Lernenden an entsprechenden Themen berücksichtigt. Die Ergebnisse der Untersuchung können dazu dienen, den Lernerfolg – hier bezogen auf die untersuchten Aspekte – sowohl im Biologieunterricht allgemein als auch ausgehend von spezifischen Interventionen einzuschätzen und didaktische Konsequenzen bzw. unterrichtliche Interventionen abzuleiten.

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

2.1 Schülervorstellungen zu ökologischen Themen

Um Zusammenhänge in Ökosystemen zu verstehen, muss die Funktion und Bedeutung von Pflanzen für den Energiefluss und die Stoffkreisläufe in Ökosystemen grundlegend berücksichtigt werden (Jose et al., 2019). Die Wahrnehmung von Pflanzen steht jedoch häufig in einem eklatanten Kontrast zu ihrer Bedeutung in Ökosystemen und letztlich auch für den Menschen (Hammann & Asshoff, 2015). Viele Menschen beachten Pflanzen in ihrer Umgebung nicht oder kaum (Jose et al., 2019; Schneekloth, 1989; Wandersee & Schussler, 1999). Wandersee und Schussler (1999) bezeichnen dieses Phänomen als *plant blindness*. Pany (2014) konnte zudem zeigen, dass es vielen Lernenden besondere Schwierigkeiten bereitet, ein Verständnis für die Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen zu entwickeln. Wandersee und Schussler (1999) stellten fest, dass Lernende ein geringeres Interesse an Pflanzen hat-

ten als an Tieren und zudem weniger über Pflanzen wussten. In einer Untersuchung von Strommen (1995) zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler der vierten Klassenstufe wesentlich mehr Tierarten als Pflanzenarten benennen konnten.

Für die Entstehung von *plant blindness* werden unterschiedliche Gründe angenommen. Wandersee und Schussler (2001) vermuteten beispielsweise, dass Pflanzen aufgrund ihrer sichtbaren Eigenschaften (z. B. überlappende, ähnlich gefärbte Blätter von nebeneinanderstehenden Pflanzen) als Gruppe und nicht als individuelle Pflanzen wahrgenommen werden. Neben Wahrnehmungsgewohnheiten wird als Ursache für die Entstehung von *plant blindness* auch der Zoochauvinismus angeführt (Allen, 2003). Für den Biologieunterricht beschreibt der Zoochauvinismus das Phänomen, dass zur exemplarischen Beschreibung biologischer Basiskonzepte in erster Linie Tiere verwendet werden und Pflanzen von daher als weniger relevant betrachtet werden (Bozniak, 1994; Hershey, 1996; Link-Pérez, Dollo, Weber & Schussler, 2010). Allen (2003) weist zudem darauf hin, dass möglicherweise ein direkter Kontakt zu den Pflanzen als Lerngegenständen zu einer Überwindung von *plant blindness* beitragen kann. Die unterschiedlichen Facetten der *plant blindness* (z. B. unzureichendes Verständnis hinsichtlich der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen, geringeres Interesse an Pflanzen im Vergleich zu Tieren) als Denkraum (Schecker & Duit, 2018) bzw. Schülervorstellung (Hammann & Asshoff, 2015) wurden in verschiedenen Kontexten erforscht und diskutiert wurden. Dabei bleibt weitgehend offen, wie sich Facetten einer *plant blindness* bei Lernenden über verschiedene Altersstufen hinweg entwickeln und damit auch welche Wirkungen von dem Biologieunterricht insbesondere der Sekundarstufe I auf die *plant blindness* ausgehen. Es stellt sich beispielsweise die Frage, ob der Biologieunterricht eine sachlich angemessenere Wahrnehmung und Einschätzung der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen sowie systemisches Denken bei Schülerinnen und Schülern fördert (Rieß, Schuler & Hörsch, 2015; Schuler, Fanta, Rosenkränzer & Rieß, 2017).

Neben Vorstellungen und Denkmustern zur Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen wurden etliche weitere nachhaltigkeitsrelevante Schülervorstellungen erhoben, beispielsweise zur Biodiversität (Menzel & Bögeholz, 2006) und zum Energiefluss (Opitz, Blankenstein & Harms, 2017). Für Schülervorstellungen zum wichtigen Konzept der Stoffkreisläufe in Hinblick auf die Ent-

wicklung nachhaltigkeitsrelevanter Kompetenzen führte Baisch (2009) eine Untersuchung mit Grundschülerinnen und -schülern durch. Für die Vorstellungen von Verrottungsvorgängen organischer Materialien konnte sie beispielsweise zeigen, dass Beschreibungen sinnlich wahrnehmbarer Veränderungen des Aussehens bzw. der Stabilität von Stoffen dominieren. Auch strukturelle Veränderungen von Materialien (z. B. sie werden zu Erde) wurden von den Lernenden beschrieben. Erde oder Humus wurde dabei häufig als Endprodukt der Zersetzung betrachtet. Als Ursachen für Zersetzungsprozesse wurden zwar eine Reihe von biologischen Faktoren benannt, jedoch schien es den Lernenden schwer zu fallen, einzelne Faktoren miteinander in Beziehung zu setzen und Zersetzungsprozesse zyklisch zu verstehen. Die Ergebnisse von Baisch decken sich weitgehend mit vorausgehenden Erhebungen von Schülervorstellungen zu Stoffkreisläufen bzw. zur biologischen Zersetzung bei Schülerinnen und Schülern sowohl der Primar- als auch der Sekundarstufe (Hilge, 1999; Leach, Driver, Scott & Wood-Robinson, 1996; Smith & Anderson, 1984). Leach et al. (1996) stellten fest, dass sich bestimmte Vorstellungen über Zersetzungsprozesse zwar in allen untersuchten Altersstufen finden, bestimmte Aspekte (wie die Bedeutung von Mikroorganismen) aber in höheren Altersstufen eher erkannt werden als in niedrigeren Altersstufen. Die Schwierigkeiten von Lernenden, ein fachlich angemessenes Verständnis von Stoffkreisläufen zu entwickeln, führte Helldén (1995) in erster Linie darauf zurück, dass die unterliegenden Prozesse letztlich nicht beobachtbar sind (vgl. auch Sander, Jelemenská & Kattmann, 2006). Über Wirkungen spezifischer Interventionen auf die Vorstellungen von Lernenden zu Stoffkreisläufen ist bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Baisch, 2009) wenig bekannt.

Die dargestellten Aspekte der Bedeutung von Pflanzen konzeptualisiert als *plant blindness* (s. o.) sowie der biologischen Zersetzung bilden die Zusammenhänge in Ökosystemen nicht als Ganzes ab. Sie stellen aber mit dem jeweiligen Fokus auf der Bedeutung der Produzenten bzw. Destruenten wesentliche Schlüsselkonzepte dar, die ein umfassendes Verständnis der Zusammenhänge in Ökosystemen bedingen (Cherrett, 1990; Urry, Cain, Wasserman, Minorsky & Reece, 2019).

2.2 Schülerinteresse an ökologischen Themen

Die Entwicklung von Interesse wird als wesentliche Bedingung gelingenden Lernens angesehen (z. B. Blan-

kenburg & Scheersoi, 2018). Insofern spielt das Interesse an nachhaltigkeitsrelevanten Themen für die Förderung von Nachhaltigkeitskompetenz eine bedeutsame Rolle (Rieß et al., 2018). Interesse kann beschrieben werden als Beziehung einer Person zu einem Gegenstand (Krapp, 1998, 2002). Ein hohes Interesse an einem Gegenstandsbereich geht u. a. häufig mit der Bereitschaft einher, sich mit diesem Gegenstand vertieft auseinanderzusetzen (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Insofern kann Interesse als einflussreiche, motivationale Bedingung für das schulische Lernen angesehen werden (Krapp, 1999). Für die Förderung von in unserem Kontext nachhaltigkeitsrelevanten Fachwissen gilt es entsprechend, die Interessen der Lernenden zu berücksichtigen bzw. eine Interessenentwicklung zu ermöglichen.

Bei der Beschreibung von Interesse kann grundsätzlich zwischen Fach- und Sachinteresse differenziert werden. Während das Fachinteresse das Interesse einer Person an einem bestimmten Schulfach im Vergleich zu anderen Schulfächern beschreibt, ist mit dem Sachinteresse das Interesse an bestimmten Themen bzw. Kontexten innerhalb einer fachlichen Domäne gemeint (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Im Rahmen der Entwicklung von Nachhaltigkeitskompetenz sind spezifische Themen aus unterschiedlichen Fachbereichen relevant (Rieß et al., 2018). Entsprechend ist in diesem Kontext in erster Linie das Sachinteresse an betreffenden Themen (z. B. bezogen auf das Ökosystem Wald) relevant.

Allgemein hat sich für den Unterricht gezeigt, dass das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen abnimmt bzw. stagniert (Potvin & Hasni, 2014; Tessartz & Scheersoi, 2019). Ein mit der Klassenstufe abnehmendes fachspezifisches Interesse zeigte sich über alle Schulfächer hinweg (Daniels, 2008). Für das spezifische Interesse von Lernenden an Umweltthemen ist die Forschungslage weniger einheitlich. Das Sachinteresse an Pflanzen in der Natur (s. o.) bzw. etwas allgemeiner an Natur- und Umweltschutzthemen scheint bei Schülerinnen und Schülern eher gering bis mittelmäßig ausgeprägt zu sein (Dietze, Gehlhaar & Klepel, 2005; Elster, 2007; Löwe, 1992). Im Rahmen aktueller Shell-Jugendstudien wurde dagegen eine wachsende Achtsamkeit gegenüber ökologischen Fragen bei den Jugendlichen festgestellt (Schneekloth, 2015; Schneekloth & Albert, 2019). Diese Beobachtung kann möglicherweise als Hinweis auf ein tendenziell wachsendes Interesse an ökologischen Fragen gedeutet werden. Wäh-

rend für unterschiedliche biologische Themen geschlechtsspezifische Unterschiede im Interesse festgestellt wurden (Holstermann & Bögeholz, 2007), scheint das Interesse an Umweltthemen tendenziell geschlechtsunspezifisch zu sein (Finke, 1998; Holstermann & Bögeholz, 2007).

2.3 Möglichkeiten der Förderung von Kenntnissen über und Interesse an ökologischen Themen

Um Schülerinnen und Schülern eine Rekonstruktion ihrer Vorstellungen und Denkmuster zu nachhaltigkeitsrelevanten Themen (z. B. Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen) zu ermöglichen, gilt es bei der Förderung sowohl kognitive als auch motivationale Aspekte (wie das Interesse, s. o.) zu berücksichtigen (Vogt, 2007). Die bereits vorhandenen Vorstellungen bei den Schülerinnen und Schülern bilden dabei eine wesentliche Lernausgangslage (Schrenk et al., 2019). Bei der Planung von Fördermaßnahmen ist entsprechend zu berücksichtigen, dass die Verarbeitung von neuen Lernangeboten grundsätzlich von den bereits vorhandenen Schülervorstellungen beeinflusst wird (Schecker & Duit, 2018). Lernangebote sollten deswegen an den Schülervorstellungen anknüpfen (z. B. Kattmann, 2015, 2017). Auch für die Förderung von Interesse ist ein expliziter Bezug zu den bereits vorhandenen Vorstellungen der Lernenden entscheidend (Gebhard, 2013; Tessartz & Scheersoi, 2019). Darüber hinaus haben sich für die Interessenförderung weitere Prinzipien bei der Gestaltung von Lernangeboten als wirksam erwiesen (vgl. zusammenfassend Gebhard, 2013; Vogt, 2007). Beispielsweise sollte bei biologischen Themen möglichst häufig ein Erleben der Natur ermöglicht werden (Allen, 2003; Janssen & Trommer, 1988).

Es ist theoretisch sehr plausibel, dass beispielsweise ein Anknüpfen an den Vorstellungen der Lernenden den Lernerfolg wesentlich beeinflusst (Rath, 2017). Es gibt aber – abgesehen von wenigen Ausnahmen (z. B. Baisch 2009) – kaum empirische Nachweise zur Wirksamkeit bestimmter Fördermaßnahmen auf die Rekonstruktion spezifischer Vorstellungen zu ökologischen Inhalten bei den Lernenden. Außerschulische Lernangebote haben das Potenzial, sowohl die Aneignung von Wissen über biologische Zusammenhänge zu ermöglichen als auch speziell das Interesse von Lernenden zu fördern (Schmitt-Scheersoi & Vogt, 2005; Wilde & Urhahne, 2008). Zu den bevorzugten Themen außerschulischen Lernens zählen Natur und Umwelt (Mayer, 2013), weshalb außerschulisches Lernen auch bei Lern-

zielen, die ökologische Zusammenhänge im Kontext nachhaltiger Entwicklung umfassen, als besonders angemessen erscheint. Als Lernorte kommen hier bspw. das Freiland, Umweltzentren oder Naturheime in Frage (Mayer, 2013).

3 Forschungsfragen

Ausgehend von den vorgestellten theoretischen Überlegungen und Forschungsständen soll untersucht werden, inwiefern Facetten einer Nachhaltigkeitskompetenz durch den Biologieunterricht gefördert werden. Um globalen Herausforderungen wie der ökologischen Krise zu begegnen, benötigen Lernende ein grundlegendes Verständnis der Zusammenhänge in Ökosystemen. Exemplarisch ausgewählt wurden für ein Verständnis dieser Zusammenhänge besonders relevante und auf der Schülerseite in unterschiedlichen Studien erhobene Teilaspekte: das Verständnis der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen unter besonderer Berücksichtigung des Phänomens der *plant blindness* sowie das Verständnis der biologischen Zersetzung.

Bei der Entwicklung von Nachhaltigkeitskompetenz sind neben kognitiven Aspekten auch affektiv-motivationale Facetten bedeutsam. Insbesondere für den Themenbereich der Pflanzen aber auch z. B. für Natur- und Umweltschutzthemen konnte gezeigt werden, dass das Interesse bei Schülerinnen und Schülern eher gering ausgeprägt ist. Das Interesse gilt aber als einflussreiche motivationale Lernbedingung. Insofern erscheint es bedeutsam, bei der Förderung von Aspekten des Verständnisses von Ökosystemen auch das Interesse bei den Lernenden an entsprechenden Themen zu berücksichtigen. Es gilt zu klären, wie sich diese oben genannten Faktoren (Aspekte des Verständnisses von Zusammenhängen in Ökosystemen und Interesse an entsprechenden Themen) im Verlauf der Schulzeit (hier: Sekundarstufe I) entwickeln. Wenn an bestimmten Stellen Defizite festgestellt werden, lassen sich ggfs. Schlüsse ziehen auf Anknüpfungspunkte für eine gezielte Förderung. Darüber hinaus soll die Wirkung einer Fördermaßnahme (ein fünftägiger Waldschulheimaufenthalt) auf die Entwicklung der untersuchten Variablen getestet werden. Spezifisch wurden die folgenden Fragestellungen im Rahmen von zwei Teilstudien untersucht:

Teilstudie 1: Entwicklung spezifischer Facetten einer Nachhaltigkeitskompetenz im Laufe der Sekundarstufe I (Klassenstufen 5, 7, 9) im Rahmen einer Querschnittstudie

1. Wie entwickelt sich das Interesse am Ökosystem Wald bei Schülerinnen und Schülern im Laufe der Sekundarstufe I?
 2. Wie entwickelt sich das Verständnis der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen unter besonderer Berücksichtigung des Phänomens *plant blindness* im Laufe der Sekundarstufe I?
 3. Wie entwickelt sich das Verständnis der biologischen Zersetzung im Laufe der Sekundarstufe I?
- Teilstudie 2: Wirkungen außerschulischen Lernens in einem Waldschulheim auf die Entwicklung spezifischer Facetten einer Nachhaltigkeitskompetenz im Rahmen einer Wirksamkeitsstudie
4. Welche Wirkungen hat das außerschulische Lernen im Waldschulheim auf das Interesse am Ökosystem Wald?
 5. Welche Wirkungen hat das außerschulische Lernen im Waldschulheim auf das Verständnis der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen unter besonderer Berücksichtigung des Phänomens *plant blindness*?
 6. Welche Wirkungen hat das außerschulische Lernen im Waldschulheim auf das Verständnis der biologischen Zersetzung?

4 Methode

4.1 Die Studie

Im Fokus der Studie steht die Evaluation und Förderung von Facetten einer Nachhaltigkeitskompetenz. In diesem Rahmen spielt ein Verständnis der komplexen Zusammenhänge in Ökosystemen eine wesentliche Rolle (s. o.). Ausgewählt wurden exemplarisch die Aspekte der Bedeutung von Pflanzen sowie das Schlüsselkonzept der biologischen Zersetzung. Um Aufschluss darüber zu erhalten, wie sich das Interesse am Ökosystem Wald, das Verständnis der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen unter besonderer Berücksichtigung des Phänomens *plant blindness* sowie das Verständnis der biologischen Zersetzung im Verlauf der Sekundarstufe I entwickeln, wurden entsprechende Variablen im Rahmen einer Querschnittsuntersuchung in verschiedenen Klassenstufen (5, 7, 9) der Sekundarstufe I mit Hilfe eines Fragebogens erhoben. Zur Erfassung der Wirkungen eines fünftägigen Waldschulheimaufenthalts auf das Interesse am Ökosystem Wald, die Artenkenntnis, das Verständnis der Bedeutung von Pflanzen sowie der biologischen Zersetzung wurde eine Schulklasse (Realschule, Klassenstufe 7) vor und nach dem Waldschulheimaufenthalt getestet. Eine andere Klasse (gleiche

Realschule, Klassenstufe 7) besuchte als Kontrollgruppe in dieser Zeit den regulären Unterricht an der Schule. Themen, die das Ökosystem Wald betreffen, waren nicht Teil des Unterrichts.

Zur Erfassung der oben genannten Aspekte (Interesse am Ökosystem Wald, Verständnis der Bedeutung von Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung des Phänomens *plant blindness* etc.) wurde in den Klassen ein Fragebogen ausgeteilt, vorgestellt und besprochen. Die Klasse, welche an einem Waldschulheim teilgenommen hatte sowie eine Kontrollgruppe (Klasse ohne Waldschulheimaufenthalt) erhielten den Fragebogen an zwei Messzeitpunkten: eine Woche vor Beginn und am Ende des Waldschulheimaufenthalts.

Neben Angaben zur Klassenstufe und zum Geschlecht lässt sich der Fragebogen in vier Abschnitte einteilen: Aufgaben zur Erfassung des Interesses am Thema Wald, Aufgaben zur Erfassung der Artenkenntnis sowie Aufgaben zur Erfassung der Vorstellungen über die Bedeutung von Pflanzen und sowie die biologische Zersetzung. Die Vorstellungen über die Bedeutung von Pflanzen wurden als Aspekte von *plant blindness* konzeptualisiert. Berücksichtigt wurde das Interesse an Pflanzen im Vergleich zum Interesse an Tieren, die Artenkenntnis von Pflanzenarten des Waldes im Vergleich zur Artenkenntnis von Tierarten des Waldes sowie die Einschätzung der Bedeutung von Pflanzen für andere Lebewesen. Die Erfassung der Schülerantworten erfolgte teils in einem offenen, teils in einem geschlossenen Modus (s. Tabelle 1).

Zur Erfassung des Interesses am Thema Wald wurden die Schülerinnen und Schüler zunächst gebeten auf einer Skala von 1 (sehr groß) bis 6 (überhaupt nicht) einzuschätzen, wie interessant sie das Thema Wald grundsätzlich finden. Anschließend wurde ihr Interesse für spezifische, mit dem Wald zusammenhängende The-

men (u. a. Pflanzen und Tiere des Waldes) mit Hilfe einer Skala bestehend aus 10 Items erhoben. Hier sollte das Interesse z. B. an den Tieren des Waldes auf einer vierstufigen Likertskala (1 = stimme zu bis 4 = stimme nicht zu) eingeschätzt werden. Die Reliabilität betrug für die Einschätzung des Interesses an spezifischen Themen (10 Items) $\alpha = .74$ und liegt damit in einem akzeptablen Bereich (Blanz, 2015).

Nach der Artenkenntnis wurde mit Hilfe von zwei offenen Aufgaben gefragt. Die Schülerinnen und Schüler sollten auf die Frage „Welche Pflanzen (bzw. Tiere) des Waldes kennst du?“ antworten. Bei der Auswertung wurden für die korrekte Nennung einer Art oder Gattung ein Punkt, für die Nennung größerer Gruppen (bspw. Laubbäume, Nadelbäume) ein halber Punkt vergeben.

Um die Einschätzung der Bedeutung von Pflanzen im Ökosystem Wald zu erfassen, wurde die Zuweisung ihrer Bedeutung für andere Lebewesen (z. B. Herbivoren, Carnivoren, Destruenten, Mensch, andere Pflanzen) über 5 Items erfasst (s. Abb. 1). Die Schülerinnen und Schüler sollten auf einer Skala von 1-6 jeweils einschätzen, wie wichtig Pflanzen des Waldes für bestimmte andere Lebewesen sind (1 = unwichtig bis 6 = ganz wichtig). Die Reliabilität lag bei $\alpha = .66$ und wird damit allgemein als fragwürdig angesehen (Blanz, 2015). Im Kontext bedeutungsvollen Lernens (z. B. bei der Erfassung von Wissen) sind niedrige Reliabilitätswerte jedoch zu erwarten und kommen häufig vor (Schmitt, 1996).

Die Erfassung des Verständnisses der biologischen Zersetzung wurde über 8 offene und geschlossene Items realisiert. Die Formulierung der geschlossenen Items orientierte sich an bereits erhobenen Schülervorstellungen zur biologischen Zersetzung (z. B. Baisch, 2009; Leach et al., 1996; s. Abb. 2). Die Bewertung der Aufgaben

Tabelle 1

Überblick über das Messinstrument

Variablen	Messung & Items	α
Interesse Wald (allgemein)	1 Item (Bewertung 1-6)	-
Interesse Waldthemen	4-stufige Likert-Skala mit 10 Items	.74
Artenkenntnis Pflanzen	Offenes Antwortformat	-
Artenkenntnis Tiere	Offenes Antwortformat	-
Verständnis Bedeutung von Pflanzen	6-stufige Likert-Skala mit 5 Items	.66
Verständnis Biologische Zersetzung	8 offene und geschlossene Items	.65

Wie wichtig sind die Pflanzen des Waldes für andere Lebewesen? Setze für jede der fünf genannten Gruppen ein Kreuz in das „Spinnennetz“. (von 1 = Pflanzen sind für diese Lebewesen ganz unwichtig bis 6 = Pflanzen sind für diese Lebewesen ganz wichtig)

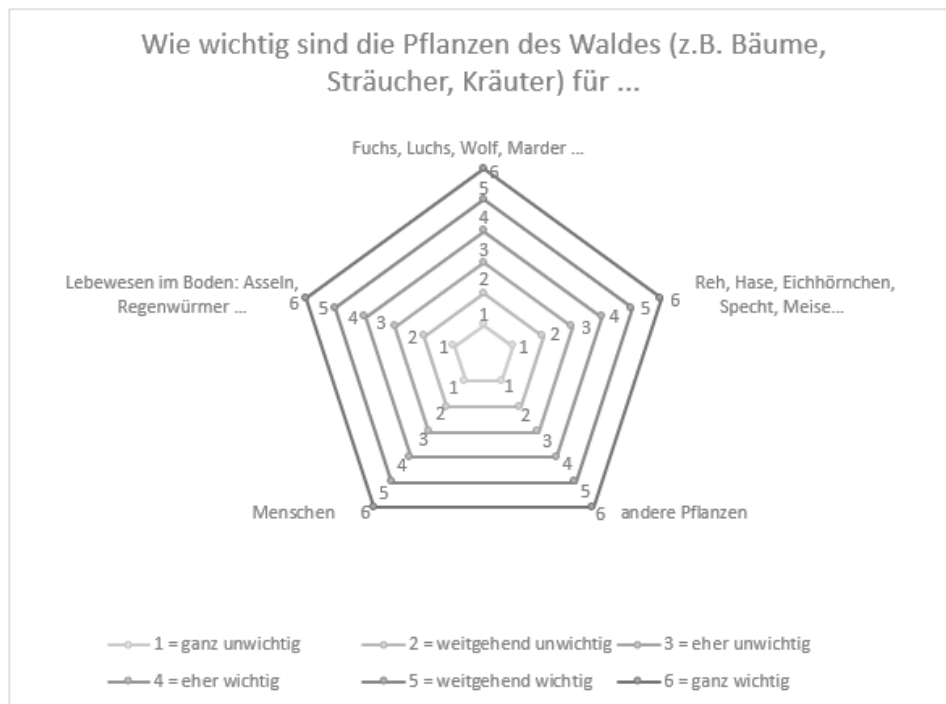



Abbildung 1. Beispielaufgabe zur Erfassung des Verständnisses der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen

erfolgte über ein „partial-credit“-Modell (Hammann & Jördens, 2014). Je eher sich eine Vorstellung inhaltlich in bedeutenden Aspekten der fachlich gültigen Vorstellung annäherte, desto mehr Punkte wurden jeweils vergeben. Weil die Rohwerte für die einzelnen Aufgaben unterschiedlich skaliert waren, wurden alle Einzelvariablen, für die eine einzige Skala des Verständnisses der biologischen Zersetzung gebildet werden sollten, z-standardisiert. Die Reliabilität der Skala betrug $\alpha = .65$. Die Reliabilität ist entsprechend als fragwürdig einzustufen (s. o.).

Zur Förderung der interessierenden Facetten von Nachhaltigkeitskompetenz wurde eine außerschulische Lerngelegenheit in Form eines fünftägigen Waldschulheimaufenthalts realisiert. Im Rahmen des Aufenthalts wurden die Lerneinheiten der Schülerinnen und Schüler methodisch vielfältig umgesetzt. Dazu zählten Kurzvorträge im Wald und in Schulungsräumen, eine Lehrwanderung sowie eine Vogelexkursion, die praktische Durchführung von Revierarbeiten, Lernspiele im Freien zum Erwerb ökologischen Wissens, ein Besuch im Sägewerk sowie die Teilnahme an einer Waldralleye.

Wer oder was ist für die Veränderung dieser Äpfel verantwortlich? Kreuze an.
Mehrere Antworten sind möglich.

- Wind und Wetter (z. B. Regen, Frost)
- verschiedene Tiere (z.B. Käfer, Schnecken)
- Einzeller (z.B. Bakterien)
- Trennung von der „Mutterpflanze“ (Apfel ist vom Baum gefallen)
- Alter des Apfels
- Veränderung ist von der Natur „vorherbestimmt“



Bildquelle: <https://www.freemages.com/de/photo/rotten-apples-1473703>

Abbildung 2. Beispielaufgabe zur Erfassung des Verständnisses der biologischen Zersetzung

Inhaltlich orientierten sich die Lerneinheiten an wesentlichen Bildungsinhalten zum Thema Wald als Ökosystem, u. a. Pflanzen- und Tierarten im Wald, Waldboden, Bewirtschaftung, Nahrungsnetze und Stoffkreisläufe. Zusätzlich konnten die Schülerinnen und Schüler an erlebnispädagogischen, waldbezogenen Aktivitäten (z. B. Baumklettern) teilnehmen. Die Kontrollgruppe erhielt keine themenspezifischen Fördermaßnahmen und nahm am normalen Schulunterricht teil. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Waldschulheims wurden im Vorfeld des Aufenthaltes darüber informiert, dass in dem eingesetzten Fragebogen die Bedeutung von Pflanzen und die biologische Zersetzung thematisiert werden.

4.4 Die Stichprobe

An der Querschnittsuntersuchung nahmen insgesamt 294 Schülerinnen und Schüler von sieben weiterführenden Schulen (vor allem Realschulen) in 13 Klassen teil. Von diesen Schülerinnen und Schülern waren 120 (45.3 Prozent) Jungen, 128 (43.5 Prozent) Mädchen. 17 (5.8 Prozent) Schülerinnen und Schüler wählten die Option „Ich will keine Angaben machen“, bei 29 (9.9 Prozent) Schülerinnen und Schülern fehlte eine Angabe zum Geschlecht.

Rund 90 Prozent (absolut: 263) waren auf der Realschule, 6 Prozent (absolut: 18) auf der Gemeinschaftsschule und 4 Prozent (absolut: 13) auf einer Haupt- und Werkrealschule. 128 (43.5 Prozent) der Schülerinnen und Schüler besuchten die Klassenstufe 5, 114 (38.8 Prozent) die Klassenstufe 7 und 52 (17.7 Prozent) die Klassenstufe 9. Die Schulen sowie Lehrerinnen und Lehrer wurden im Rahmen eines Kompaktseminars sowie im Rahmen von Masterarbeiten von Lehramtsstudierenden des Unterrichtsfachs Biologie in verschiedenen Regionen Baden-Württembergs angefragt und um Teilnahme gebeten.

An der Wirksamkeitsstudie nahmen 52 Schülerinnen und Schüler aus zwei 7. Klassen einer großstädtischen Realschule teil. Die Klasse, welche an dem fünftägigen Waldschulheimaufenthalt teilnahm (= Experimentalgruppe) sowie die Kontrollgruppe bestand aus jeweils 26 Schülerinnen und Schülern.

5 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt entlang der Forschungsfragen. Die deskriptiven Daten sind in Tab. 1 (Querschnittstudie) bzw. Tab. 2 (Wirksamkeitsstudie) zu finden. Um Entwicklungen von Interessen und Ver-

Tabelle 2

Skalenmittelwerte und Standardabweichungen der Ausprägungen der untersuchten Variablen in den unterschiedlichen Klassenstufen

Variablen	Klassenstufen					
	5 (n = 128)		7 (n = 114)		9 (n = 52)	
	M	SD	M	SD	M	SD
Interesse Wald (allgemein)	2.32	1.19	2.81	1.07	3.04	0.89
Interesse Waldthemen	2.00	0.53	2.12	0.54	2.30	0.48
Interesse Pflanzen	1.94	0.99	2.12	0.91	2.21	0.85
Interesse Tiere	1.44	0.73	1.64	0.77	1.62	0.63
Artenkenntnis Pflanzen	1.99	1.69	3.72	2.57	3.53	3.19
Artenkenntnis Tiere	6.54	3.32	7.96	4.36	8.07	4.11
Bedeutung von Pflanzen	4.22	1.08	4.28	1.07	4.32	1.09
Verständnis Zersetzung*	-0.23	0.39	0.12	0.54	0.36	0.63

Anmerkung. Bei den Interessenitems steht der Wert 1 für ein sehr hohes Interesse, der Wert 4 für ein sehr niedriges Interesse. *Mittelwerte und Standardabweichungen vorher z-standardisiert.

ständnis über die Sekundarstufe I hinweg zu klären, wurden Skalenmittelwerte für die Ergebnisse aller teilnehmenden Lernenden gebildet, damit die Höhe des Interesses bzw. die Güte des Verständnisses eingeschätzt

werden kann. Mithilfe von Kruskal-Wallis-Tests wurde überprüft, ob im Verlauf der Sekundarstufe I eine signifikante Entwicklung erzielt wurde. Durch Einzelvergleiche der verschiedenen Klassenstufen in Form von

Mann-Whitney-Tests wurde überprüft, zwischen welchen Klassenstufen die Unterschiede signifikant waren. Um die Wirksamkeit des Waldschulheimaufenthalts einschätzen zu können, wurden Lernzuwächse von Prä- zu Posttest für Experimental- und Kontrollgruppe berechnet. Mit Hilfe von Wilcoxon-Vorzeichenrangtests wurde festgestellt, ob Lernzuwächse signifikant waren. Darüber hinaus wurden mit Hilfe von Mann-Whitney-U-Tests die Ergebnisse zum Post-Test-Zeitpunkt verglichen. Zur Testung wurden ausschließlich non-parametrische Verfahren verwendet, die voraussetzungsarm sind, also keine Annahmen über die Form der Verteilung in der Population oder die Varianzhomogenität treffen. Die Entscheidung hierfür ist darin begründet, dass infolge der kleinen Stichprobe der Wirksamkeitsstudie (Waldschulheimaufenthalt, $N = 52$) mithilfe des zentralen Grenzwertsatzes eine Normalverteilung nicht zweifelsfrei bestimmt werden kann.

5.1 Wie entwickelt sich das Interesse am Ökosystem Wald bei Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe I?

Um zu überprüfen, wie das Interesse am Thema Wald im Allgemeinen über verschiedene Klassenstufen hinweg ausgeprägt ist, wurden Skalenmittelwerte für das Interesse am Wald berechnet und verglichen. Ein Mittelwert von 2.64 und darunter zeigte ein überdurchschnittliches Interesse an. Ein Kruskal-Wallis-Test zeigte ein signifikant abnehmendes allgemeines Interesse am Thema Wald über die Klassenstufen (von Stufe 5 über Stufe 7 nach Stufe 9) ($p = .01$). Für die aus 10 Items bestehende Skala zu spezifischen, das Thema Wald betreffenden Themen belegte ein Skalenmittelwert von 2.10 und darunter ebenfalls ein überdurchschnittliches allgemeines Interesse für das Thema Wald (s. Tab. 1). Auch hier konnte mit Hilfe eines Kruskal-Wallis-Tests gezeigt werden, dass das allgemeine Interesse am Thema Wald über die Klassenstufen hinweg signifikant abnahm ($p = .002$). Bei Vergleichen zwischen den Klassenstufen zeigten Mann-Whitney-U-Tests, dass es signifikante Unterschiede im Interesse zwischen den Klassenstufen 7 und 9 gab ($p < .001$), aber nicht zwischen den Klassenstufen 5 und 7 ($p = .021$).

Bei einer Analyse der Ergebnisse für einzelne Items (s. Tab. 1) über alle teilnehmenden Schülerinnen und Schüler hinweg zeigte sich, dass das Interesse an Pflanzen ($M = 2,06$, $SD = 0,94$) unter dem Interesse an Tieren lag ($M = 1,55$; $SD = 0,73$). Die Unterschiede im Interesse der Lernenden an Pflanzen erwiesen sich als signifikant niedriger als das Interesse an Tieren ($p < .001$). Bei Vergleichen des Interesses an Pflanzen zwischen den Klassenstufen konnte festgestellt werden, dass das Interesse an Pflanzen tendenziell im Verlauf der Sekundarstufe I abzunehmen scheint (s. Tab. 1). Ein Kruskal-Wallis-Test zeigte, dass sich die einzelnen Klassenstufen in ihrem Interesse an Pflanzen jedoch nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p = .078$). Das Interesse an Tieren nahm in den Klassenstufen 7 und 9 signifikant ab im Vergleich zur Klassenstufe 5 ($p = .015$), blieb jedoch über dem Interesse an Pflanzen (s. o.).

5.2 Forschungsfrage 2: Wie entwickelt sich das Verständnis der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen unter besonderer Berücksichtigung des Phänomens *plant blindness* im Laufe der Sekundarstufe I?

Bei der Artenkenntnis zeigten sich deutliche Unterschiede: Insgesamt konnten die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler signifikant mehr Tier- als Pflanzenarten nennen ($p < .001$) (s. Abb. 3). Bei der Benennung von Pflanzenarten erhielten die Lernenden durchschnittlich 2.95 Punkte ($SD = 2,51$). Deskriptiv zeigte sich, dass die Kenntnis von Pflanzenarten des Waldes von Klassenstufe 5 nach Klassenstufe 7 zunahm, dann von Klassenstufe 7 nach Klassenstufe 9 wieder abnahm. Einzelvergleiche der Klassenstufen zeigten, dass sich Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 5 in ihrer Kenntnis von Pflanzenarten des Waldes signifikant unterschieden von Schülerinnen und Schülern der Klassenstufen 7 und 9 ($p < .001$). Über alle Klassenstufen hinweg erreichten die Schülerinnen und Schüler bei der Nennung von Tieren des Waldes durchschnittlich 7.35 Punkte ($SD = 3,94$). Die Kenntnis von Tierarten nimmt über die Klassenstufen hinweg signifikant zu ($p = .003$). Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 7 kannten signifikant mehr Tierarten als Lernende in der Klassenstufe 5 ($p = .004$). Schülerinnen und Schüler

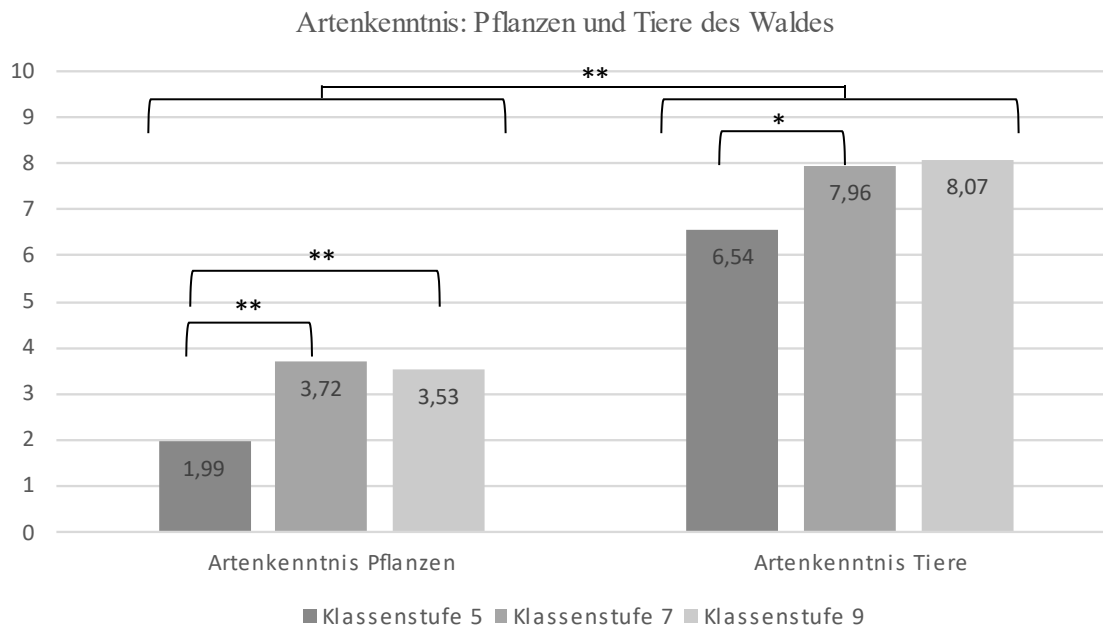


Abbildung 3. Entwicklung der Artenkenntnis von Pflanzen und Tieren des Waldes von Klassenstufe 5 hin zu Klassenstufe 9; Klassenstufen übergreifender Vergleich zwischen der Artenkenntnis von Pflanzen und der Artenkenntnis von Tieren.

* $p < .05$, ** $p < .01$

der Klassenstufe 7 und der Klassenstufe 9 unterscheiden sich dagegen nicht signifikant in der Kenntnis von Waldtierarten ($p = .601$).

Um zu überprüfen, ob sich die Schülerinnen und Schüler je nach Klassenstufe in ihrer Einschätzung der Bedeutung von Pflanzen im Ökosystem Wald unterscheiden, wurde wiederum ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Für das Verständnis für die Bedeutung von Pflanzen im Ökosystem Wald zeigte sich bei den Lernenden deskriptiv zwar eine leichte Zunahme der Skalenmittelwerte von Klassenstufe 5 bis hin zur Klassenstufe 9 (s. Tab. 1), die Zunahme war aber nicht signifikant.

5.2 Forschungsfrage 3: Wie entwickelt sich das Verständnis der biologischen Zersetzung im Laufe der Sekundarstufe I?

Für das Verständnis der biologischen Zersetzung wurde über alle teilnehmenden Schülerinnen und Schüler ein Skalenmittelwert von 0,027 ($SD = 0,55$) gebildet. Über alle drei Klassenstufen hinweg zeigte sich mit Hilfe eines Kruskal-Wallis-Tests, dass das Verständnis der biologischen Zersetzung in den höheren Klassenstufen signifikant zunahm ($p < .001$). Einzelvergleiche zeigten, dass sich das Verständnis der biologischen Zersetzung zwischen allen untersuchten Klassenstufen signifikant voneinander unterschied ($p < .001$ für den Vergleich zwischen Klassenstufen 5 und 7; $p = .022$ für

den Vergleich zwischen Klassenstufen 7 und 9). Das Verständnis der biologischen Zersetzung scheint sich bei den Schülerinnen und Schülern im Laufe der Sekundarstufe deutlich zu verbessern.

5.4 Forschungsfrage 4: Welche Wirkungen hat das außerschulische Lernen in einem Waldschulheim auf das Interesse am Ökosystem Wald?

Um zu überprüfen, ob sich die Versuchsgruppe sowie die Kontrollgruppe a priori in den abhängigen Variablen unterschieden, wurden die abhängigen Variablen in den beiden Gruppen mit Hilfe von Mann-Whitney-U-Tests verglichen. Das Interesse an Themen des Ökosystems Wald war bei der Experimentalgruppe signifikant höher ($p = .036$). Für das Interesse speziell bezogen auf Pflanzen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede ($p = .875$). Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten sich bei der Kenntnis von Pflanzenarten ($p = .104$) und Tierarten ($p = .838$) sowie beim Verständnis der Bedeutung von Pflanzen im Ökosystem Wald ($p = .088$) und der biologischen Zersetzung ($p = .714$). In den wesentlichen Variablen fanden sich also keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bis auf das allgemeine Interesse an Themen des Waldes bei der Experimentalgruppe, welche kurz vor dem Waldschulheimaufenthalt stand.

Tabelle 3

Skalenmittelwerte und Standardabweichungen der Ausprägungen der untersuchten Variablen zum Prä- und Posttestzeitpunkt

Variablen	Interventionsgruppe (n = 26)				Kontrollgruppe (n = 26)			
	Prätest		Posttest		Prätest		Posttest	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Interesse Waldthemen	1.96	0.45	1.88	0.48	2.27	0.51	2.31	0.44
Interesse Pflanzen	2.30	0.93	2.19	0.80	2.27	1.00	2.24	0.83
Interesse Tiere	1.75	0.74	1.69	0.79	1.81	0.69	1.84	0.62
Artenkenntn. Pflanzen	4.15	2.07	7.46	3.38	5.71	3.31	5.24	2.95
Artenkenntn. Tiere	9.80	4.81	11.25	4.43	9.56	4.62	8.50	4.12
Bedeutung v. Pflanzen	4.34	0.72	4.32	0.58	4.74	0.76	3.95	0.83
Verst. Zersetzung*	0.05	0.51	0.02	0.53	-0.00	0.47	0.02	0.51

Anmerkung. Bei den Interessenitems steht der Wert 1 für ein sehr hohes Interesse, der Wert 4 für ein sehr niedriges Interesse. *Mittelwerte und Standardabweichungen vorher z-standardisiert.

Für das allgemeine Interesse an Themen des Waldes konnte zum Post-Test-Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt ($p = .002$). Die Experimentalgruppe zeigte ein höheres Interesse. Bezüglich des Interesses bestand bereits zum Prä-Test-Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (s. o.). Von Prä- zu Posttestzeitpunkt zeigte sich jedoch weder für die Experimentalgruppe noch für die Kontrollgruppe eine signifikant positive Entwicklung des Interesses ($p = .196$ bzw. $p = .732$).

5.5 Forschungsfrage 5: Welche Wirkungen hat das außerschulische Lernen in einem Waldschulheim auf das Verständnis von Pflanzen in Ökosystemen unter besonderer Berücksichtigung des Phänomens *plant blindness*?

Für die untersuchten Aspekte von *plant blindness* bzw. des Verständnisses der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen konnte durch den Waldschulheim lediglich hinsichtlich der Artenkenntnis von Pflanzen des Waldes ein signifikanter Zuwachs erzielt werden (s. u.). Für das spezielle Interesse an Pflanzen zeigte sich nach dem einwöchigen Waldschulheimaufenthalt keine signifikante Entwicklung bei der Experimentalgruppe ($p = .655$) und bei der Kontrollgruppe ($p = 1.000$). Der Unterschied im Interesse an Pflanzen

war zum Post-Test-Zeitpunkt nicht signifikant ($p = .809$).

Für die Artenkenntnis von Pflanzen des Waldes zeigte sich nach dem Waldschulheimaufenthalt ein signifikanter Unterschied zwischen Experimentalgruppe und Kontrollgruppe ($p = .028$). Auch der Lernzuwachs bei der Experimentalgruppe erwies sich von Prä- zu Posttestzeitpunkt als signifikant ($p < .001$). Schülerinnen und Schüler, die an dem Waldschulheimaufenthalt teilgenommen hatten, konnten Pflanzen des Waldes am Ende des Aufenthaltes häufiger und genauer benennen. Bei der Kontrollgruppe zeigte sich erwartungsgemäß kein signifikanter Lernzuwachs ($p = .430$). Auch für die Kenntnis von Tierarten des Waldes konnte nach dem Waldschulheimaufenthalt ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden ($p = .031$). Die Experimentalgruppe konnte zum Post-Test-Zeitpunkt Waldtierarten häufiger und genauer benennen. Bei der Berechnung des Lernzuwachses zeigte sich jedoch, dass der Unterschied in der Kenntnis von Tierarten von Prä- zu Post-Test-Zeitpunkt in der Experimentalgruppe die Signifikanzgrenze nicht erreichte ($p = .085$). Gleiches gilt für die Kontrollgruppe ($p = .388$). Für die Kenntnis der Bedeutung von Pflanzen im Ökosystem Wald zeigte sich zum Post-Test-Zeitpunkt kein signifikanter Unterschied zwischen der Experimentalgruppe und der Kontrollgruppe

($p = .123$). In den deskriptiven Ergebnissen zeigte sich eine negative Entwicklung, die sich bei der Kontrollgruppe als signifikant erwies ($p < .001$), nicht aber bei der Experimentalgruppe ($p = .274$).

5.5 Forschungsfrage 6: Welche Wirkungen hat das außerschulische Lernen in einem Waldschulheim auf das Verständnis der biologischen Zersetzung?

Für die Kenntnis des Schlüsselkonzeptes der biologischen Zersetzung zeigte sich in den deskriptiven Daten eine leichte Abnahme von Prä- zu Posttestzeitpunkt. Diese Abnahme erwies sich als nicht signifikant, weder für die Experimentalgruppe ($p = .243$), noch für die Kontrollgruppe ($p = .681$). Der Unterschied in der Kenntnis des Konzeptes der biologischen Zersetzung war zum Post-Test-Zeitpunkt nicht signifikant ($p = .856$).

6 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, inwiefern sich das Verständnis komplexer Ökosysteme (im vorliegenden Fall das Verständnis der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen und der biologischen Zersetzung) als wichtige Facette einer basalen fächerspezifischen Nachhaltigkeitskompetenz über verschiedene Klassenstufen hinweg verändert. Darüber hinaus wurde untersucht, ob sich die fokussierten Aspekte des Verständnisses von Ökosystemen durch einen Waldschulheimaufenthalt fördern lassen. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler fast alle Realschulen besuchten und andere Schulformen (z. B. Gymnasien) nicht untersucht wurden. Hinsichtlich der Wirksamkeitsstudie ist zu berücksichtigen, dass die Stichprobe relativ klein ist. Dies stellt eine Limitation hinsichtlich der statistischen Power und der Generalisierbarkeit der Ergebnisse dar.

Zur Entwicklung des Interesses am Ökosystem Wald in der Sekundarstufe I. Das allgemeine und spezifische Interesse für das Thema Wald nimmt im Laufe der Sekundarstufe I ab. Gleichzeitig bleibt es aber relativ hoch. Dies mag insofern überraschen, als dass in vorausgegangen Studien ein eher geringes bis mittleres Interesse an Umweltschutz- und Naturthemen bei (älteren) Schülerinnen und Schülern festgestellt wurde (Dietze et al., 2005; Elster, 2007; Löwe, 1992). Möglicherweise zeigt sich in unserer Untersuchung eine aktuell insgesamt bei Jugendlichen festzustellende wachsende Achtsamkeit gegenüber ökologischen Fragen (Schneekloth, 2015;

Schneekloth & Albert, 2019). Ein einwöchiger Waldschulheimaufenthalt in der Klassenstufe 7 scheint im Vorfeld das Interesse für Waldthemen zu wecken und dann über den Waldschulheimaufenthalt hinweg zu erhalten. Einschränkend ist zu bemerken, dass die Stichprobe für die Experimentalgruppe sowie für die Kontrollgruppe relativ klein und dadurch die statistische Power gering ist (s. o.). Es lassen sich lediglich Indizien für die Wirkung des Waldschulheimaufenthalts gewinnen. Grundsätzlich deutet sich aber wie oben beschrieben an, dass das Waldschulheim als Lernumgebung eine Interessenentwicklung für Waldthemen über das ohnehin vorhandene Interesse hinaus anregt. Es wäre wünschenswert zu untersuchen, welche spezifischen Aspekte eines Waldschulheimaufenthalts das Interesse anregen und aufrechterhalten (Vogt, 1998). Um festzustellen, inwiefern Interesse an Waldthemen über einen längeren Zeitraum hinweg aufrechterhalten werden können, wäre bei zukünftigen Studien in einem ähnlichen Kontext der Einsatz eines Follow-Up Tests günstig.

Zur Entwicklung des Verständnisses der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen in der Sekundarstufe I. Ergebnisse vorangegangener Studien konnten insofern repliziert werden, als dass das Interesse an Tieren deutlich höher zu sein scheint als das Interesse an Pflanzen (z. B. Elster, 2007; Wandersee & Schussler, 1999). Bei Vergleichen zwischen den Klassenstufen scheint das Interesse an Pflanzen im Verlauf der Sekundarstufe I eher abzunehmen. Durch den einwöchigen Waldschulheimaufenthalt konnte das Interesse der teilnehmenden Schülerinnen und Schülern an Pflanzen nicht gefördert werden. Dies mag einerseits am Gegenstand liegen – Pflanzen wird im Vergleich zu anderen biologischen Themen – tendenziell geringeres Interesse entgegengebracht (s. o., z. B. Holstermann & Bögeholz, 2007; Klee 2005), andererseits könnten bei der methodisch-didaktischen Gestaltung des Waldschulheimaufenthalts Aspekte weniger Berücksichtigung gefunden haben, die eine Entwicklung von Interesse an Pflanzen begünstigen (z. B. Schmitt-Scheerso & Vogt, 2005; Vogt, 2007). Zu diesen Aspekten zählt beispielsweise, dass bei den Lernenden bereits vorhandene Vorstellungen zu Pflanzen (hier: das Phänomen *plant blindness*) aufgegriffen werden (Gebhard, 2013). Gerade außerschulische Lerngelegenheiten – wie eine Exkursion im Rahmen eines Waldschulheimaufenthalts – bieten beispielsweise die Möglichkeit, entgegen einer *plant blindness* einzelne Pflanzen als individuelle Organismen er-

kennbar zu machen (Wandersee & Schussler, 2001) und im direkten Kontakt mit den Pflanzen deren Fähigkeiten zu erläutern (Allen, 2003). Tessartz und Scheersoi (2019) konnten zudem feststellen, dass das Interesse an Pflanzen zuzunehmen scheint, wenn bestimmte Kontexte (z. B. die ökologische und gesellschaftliche Bedeutung von Pflanzen) einbezogen werden. Weil das Interesse Lernprozesse entscheidend beeinflusst (Krapp, 1998), erscheint es für den Biologieunterricht angemessen zu sein, der Interessenentwicklung für das Thema Pflanzen in allen Klassenstufen besondere Aufmerksamkeit zukommen zu lassen (Tessartz & Scheersoi, 2019).

Während das Interesse an Pflanzen durch den Waldschulheimaufenthalt weitgehend unverändert blieb, erhöhte sich die Kenntnis von Pflanzenarten deutlich. Die Kenntnis von Tierarten konnte durch den Waldschulheimaufenthalt tendenziell gefördert werden. Sowohl bei der Experimentalgruppe als auch bei der Untersuchung über verschiedene Klassenstufen hinweg konnten die Schülerinnen und Schüler Tierarten häufiger und genauer benennen als Pflanzenarten. Dieses Phänomen bestätigt Ergebnisse vorausgegangener Forschungsarbeiten (Strommen, 1995). Diese Tendenz zeigt sich auch darin, dass bei Vergleichen zwischen Schülerinnen und Schülern unterschiedlicher Klassenstufen der Sekundarstufe I die Kenntnis von Pflanzenarten zunächst zunimmt, sich dieser Verlauf nach Klassenstufe 7 aber nicht weiter zeigt, während die Kenntnis von Tierarten über alle drei untersuchten Klassenstufen hinweg signifikant zunimmt. Dass die Kenntnis von Pflanzenarten des Waldes von Klassenstufe 5 hin zu Klassenstufe 7 signifikant zunimmt, könnte daran liegen, dass das Ökosystem Wald als Thema im Biologieunterricht der Klassenstufe 6 an dieser Stelle Wirkung zeigt.

Für das Verständnis der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen zeigte sich im Verlauf der Sekundarstufe I von Klasse 5 über Klasse 7 bis zur Klasse 9 nur ein geringer, statistisch nicht signifikanter Anstieg. Auch im Rahmen des Waldschulheimaufenthalts konnten die Kenntnisse nicht erweitert werden. Die Einschätzung der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen scheint für die Schülerinnen und Schüler herausfordernd zu sein. Diese Beobachtung kann verschiedene Ursachen haben, die mit dem Phänomen *plant blindness* in Zusammenhang gebracht werden (Jose et al., 2019). Wenn

es darum geht, beispielsweise die Bedeutung von Pflanzen nicht nur für Pflanzenfresser, sondern auch für Fleischfresser oder andere Pflanzen einzuschätzen, dann müssen Schülerinnen und Schüler zudem in der Lage sein systemisch zu denken (Bräutigam, 2014; Rieß, 2010). Systemisches Denken ist komplex und erfordert seitens der Lernenden spezifische Voraussetzungen (Fanta, Bräutigam & Rieß, 2019; Mambrey, Timm, Landskron & Schmiemann, 2020). Einschränkend ist zu berücksichtigen, dass die Items zur Erfassung des Verständnisses der Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen sowie der biologischen Zersetzung (s. u.) noch nicht in einem zufriedenstellenden Bereich lagen. Bei einer Verwendung der Items in weiteren Studien sollte das Messinstrument weiterentwickelt werden.

Zur Entwicklung des Verständnisses der biologischen Zersetzung. Im Verlauf der Sekundarstufe I scheint es Schülerinnen und Schülern weitgehend zu gelingen, ihre Vorstellungen zur biologischen Zersetzung in Richtung fachlich gültiger Vorstellungen zu rekonstruieren. Perspektivisch wäre es für die Schulpraxis wünschenswert, Kompetenzstufen zu formulieren, welche die Anforderungen an die Lernenden in den verschiedenen Klassenstufen differenziert beschreiben (Schrenk et al., 2019). Die Ergebnisse der Studie liefern dafür erste Anhaltspunkte. Weiterführend bedarf es auch einer qualitativen Beschreibung der Entwicklung der Lernendenvorstellungen (z. B. zur Stoffzersetzung) und eine entsprechende Einordnung hinsichtlich des Lernfortschritts. Das Waldschulheim erscheint als Lernort zur Vermittlung ökologischer, nachhaltigkeitsrelevanter Themen grundsätzlich geeignet zu sein (Mayer, 2013). Bemerkenswert ist aber, dass Kenntnisse der biologischen Zersetzung durch den Waldschulheimaufenthalt nicht gefördert werden konnten, obwohl diese im Rahmen der durchgeführten Aktivitäten thematisiert wurde. Die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erweisen sich als widerständig gegen Veränderung (Duit, Treagust & Widodo, 2008). Dieser Befund weist darauf hin, dass außerschulische Lernorte – wie das Waldschulheim – nicht per se lernförderlich sind (Mayer, 2013). Vielmehr bedarf es einer spezifischen Gestaltung der Lerngelegenheiten (Wilde & Urhahne, 2008). Dazu zählt wesentlich, dass Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit haben, sich mit den eigenen Vorstellungen auseinanderzusetzen (z. B. Schecker & Duit, 2018).

Danksagung

Das Projekt wurde im Rahmen des Forschungs- und Nachwuchskollegs DiaKom (Diagnostische Kompetenzen von Lehrkräften: Einflüsse, Struktur und Förderung) der Pädagogischen Hochschulen Freiburg und Heidelberg vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert.

Den Gutachter*innen im Peer-Review-Verfahren danken wir für die sorgsame Lektüre und die konstruktiven Hinweise zur Überarbeitung des Textes.

Literatur

- Allen, W. (2003). Plant blindness. *BioScience*, 53(10), 926. <https://doi.org/10.1641/0006-3568>
- Baisch, P. (2009). *Schülervorstellungen zum Stoffkreislauf. Eine Interventionsstudie im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung* (Bildung für nachhaltige Entwicklung, Bd. 4). Zugl.: Ludwigsburg, Pädag. Hochsch., Diss., 2009. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.
- Bozniak, E. C. (1994). Challenges facing plant biology teaching programs. *Plant Science Bulletin*, 40, 42–46.
- Bräutigam, J. (2014). *Systemisches Denken im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. Konstruktion und Validierung eines Messinstruments zur Evaluation einer Unterrichtseinheit*. Dissertation. Pädagogische Hochschule Freiburg. Zugriff am 30.07.2020. Verfügbar unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:frei129-opus-4387>
- Cherrett, J. M. (Ed.). (1990). *Ecological concepts. The contribution of ecology to an understanding of the natural world; the 1. Jubilee Symposium to Celebrate the 75. Anniversary of the British Ecological Society University College London 12 - 13 April 1988* (... Symposium of the British Ecological Society, Bd. 29, Repr.). Oxford: Blackwell Scientific.
- Daniels, Z. (2008). *Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter*. Münster: Waxmann.
- Dietze, J., Gehlhaar, K.-H. & Klepel, G. (2005). Untersuchungen zum Entwicklungsstand von Biologieinteressen bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II. In R. Klee, A. Sandmann & H. Vogt (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Forschungen zur Fachdidaktik, Bd. 7, S. 133–146). Innsbruck: Studienverl.
- Duit, R., Treagust, D. & Widodo, A. (2008). Teaching Science for Conceptual Change: Theory and Practice. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 629–645). New York, London: Routledge.
- Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. *Plus Lucis*, 3, 2–8.
- Fanta, D., Bräutigam, J. & Rieß, W. (2019). Fostering systems thinking in student teachers of biology and geography – an intervention study. *Journal of Biological Education*, 12(2), 1–19. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1569083>
- Finke, E. (1998). *Interesse an Humanbiologie und Umweltschutz in der Sekundarstufe I. Empirische Untersuchung zu altersbezogenen Veränderungen und Anregungsfaktoren*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.
- Gebhard, U. (2013). Schülerinnen und Schüler. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie. Die Biologiedidaktik* (9., völlig überarbeitete Auflage, S. 198–211). Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Gropengießer, H. & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (SpringerLink Bücher, S. 49–66). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2015). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten* (2. Aufl.). Seelze: Klett Kallmeyer.
- Hammann, M. & Jördens, J. (2014). Offene Aufgaben codieren. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 169–178). Berlin: Springer Spektrum.
- Helldén, G. (1995). Environmental Education and Pupils' Conceptions of Matter. *Environmental Education Research*, 1(3), 267–277. <https://doi.org/10.1080/1350462950010302>
- Hershey, D. R. (1996). A Historical Perspective on Problems in Botany Teaching. *The American Biology Teacher*, 58(6), 340–347. <https://doi.org/10.2307/4450174>
- Hilge, C. (Hrsg.). (1999). *Schülervorstellungen und fachliche Vorstellungen zu Mikroorganismen und mikrobiellen Prozessen. Ein Beitrag zur didaktischen Rekonstruktion*. Zugl.: Oldenburg, Univ., Diss., 1999. Oldenburg: Didaktisches Zentrum (DIZ) Univ. Oldenburg.
- Holstermann, N. & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I, 13, 71–86.

- Janssen, W. & Trommer, G. (1988). Wald erleben. *Unterricht Biologie*, 12(127), 39–44.
- Jose, S. B., Wu, C.-H. & Kamoun, S. (2019). Overcoming plant blindness in science, education, and society. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*, 1(3), 169–172. <https://doi.org/10.1002/ppp3.51>
- Kattmann, U. (2015). *Schüler besser verstehen. Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht ; zusätzliche Stichwörter zum Download*. Hallbergmoos: Aulis-Verl.
- Kattmann, U. (Hrsg.). (2017). *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen. Didaktische Rekonstruktion in Unterrichtseinheiten* (1. Auflage). Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 45(3), 186–203.
- Krapp, A. (1999). Interest, motivation and learning. An educational-psychological perspective. *European Journal of Psychology of Education*, 14(1), 23–40. <https://doi.org/10.1007/BF03173109>
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2. Ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18(1), 19–34. <https://doi.org/10.1080/0950069960180102>
- Link-Pérez, M., Dollo, V., Weber, K. & Schussler, E. E. (2010). What's in a Name: Differential labelling of plant and animal photographs in two nationally syndicated elementary science textbook series. *International Journal of Science Education*, 32, 1227–1242.
- Löwe, B. (1992). *Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie* (Schriftenreihe der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, Bd. 9). Weinheim: Dt. Studien-Verl.
- Mambrey, S., Timm, J., Landskron, J. J. & Schmiemann, P. (2020). The Impact of Systems Specifics on Systems Thinking. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.21649>
- Mayer, J. (2013). Freiland, Umweltzentren und Schülerlabore. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie. Die Biologiedidaktik* (9., völlig überarbeitete Auflage, S. 429–440). Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Menzel, S. & Bögeholz, S. (2006). Vorstellungen und Argumentationsstrukturen von Schüler(inne)n der elften Jahrgangsstufe zur Biodiversität, deren Gefährdung und Erhaltung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 199–217.
- Opitz, S. T., Blankenstein, A. & Harms, U. (2017). Student conceptions about energy in biological contexts. *Journal of Biological Education*, 51(4), 427–440. <https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1257504>
- Pany, P. (2014). Students' Interest in Useful Plants: a Potential Key to Counteract Plant Blindness. *Plant Science Bulletin*, 60(1), 18–27.
- Potvin, P. & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels. A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Rath, V. (2017). *Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften*. Dissertation. Universität Paderborn.
- Rieckmann, M. (2018). Die Bedeutung von Bildung für nachhaltige Entwicklung für das Erreichen der Sustainable Development Goals (SDGs). *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 41(2), 4–10.
- Rieß, W. (2010). *Bildung für nachhaltige Entwicklung. Theoretische Analysen und empirische Studien* (Internationale Hochschulschriften, Bd. 542). Zugl.: Schwäbisch Gmünd, Pädag. Hochsch., Habil.-Schr., 2009. Münster: Waxmann. Verfügbar unter http://digitale-objekte.hbz-nrw.de/webclient/DeliveryManager?pid=3920243&custom_att_2=simple_viewer
- Rieß, W. & Mischo, C. (2010). Promoting Systems Thinking through Biology Lessons. *International Journal of Science Education*, 32(6), 705–725.
- Rieß, W., Mischo, C. & Waltner, E.-M. (2018). Ziele einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schule und Hochschule. Auf dem Weg zu empirisch überprüfbaren Kompetenzen. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 27(3), 298–305. <https://doi.org/10.14512/gaia.27.3.10>

- Rieß, W., Schuler, S. & Hörsch, C. (2015). Wie lässt sich systemisches Denken vermitteln und fördern? Theoretische Grundlagen und praktische Umsetzung am Beispiel eines Seminars für Lehramtsstudierende. *Geographie aktuell und Schule*, 37(215), 16–19.
- Sander, E., Jelemenská, P. & Kattmann, U. (2006). Towards a better understanding of ecology. *Journal of Biological Education*, 40(3), 119–123. <https://doi.org/10.1080/00219266.2006.9656028>
- Schecker, H. & Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physiklernen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 1–21). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Schmitt-Scheerso, A. & Vogt, H. (2005). Das Naturkundemuseum als interesselördernder Lernort. Besucherstudie in einer naturkundlichen Ausstellung. In R. Klee, A. Sandmann & H. Vogt (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Forschungen zur Fachdidaktik, Bd. 7, S. 87–100). Innsbruck: Studienverl.
- Schneekloth, L. H. (1989). "Where did you go?" "The forest." "What did you see?" "Nothing.". *Children's Environments Quarterly*, 6(1), 14–17.
- Schneekloth, U. (2015). Jugend und Politik: Zwischen positivem Gesellschaftsbild und anhaltender Politikverdrossenheit. In M. Albert, K. Hurrelmann & G. Quenzel (Hrsg.), *Jugend 2015. 17. Shell Jugendstudie* (S. 153–193). Frankfurt am Main: Fischer.
- Schneekloth, U. & Albert, M. (2019). Jugend und Politik: Demokratieverständnis und politisches Interesse im Spannungsfeld von Vielfalt, Toleranz und Populismus. In M. Albert, K. Hurrelmann & G. Quenzel (Hrsg.), *Jugend 2019. 18. Shell Jugendstudie* (S. 47–102). Weinheim: Beltz.
- Schrenk, M., Gropengießer, H., Groß, J., Hammann, M., Weitzel, H. & Zabel, J. (2019). Schülervorstellungen im Biologieunterricht. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung. Erträge für die Praxis* (S. 3–20). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F. & Riess, W. (2017). Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD) – a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(2), 192–204. <https://doi.org/10.1080/03098265.2017.1339264>
- Smith, E. L. & Anderson, C. W. (1984). Plants as producers. A case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(7), 685–698. <https://doi.org/10.1002/tea.3660210703>
- Strommen, E. (1995). Lions and tigers and bears, oh my! Children's conceptions of forests and their inhabitants. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(7), 683–698. <https://doi.org/10.1002/tea.3660320704>
- Tessartz, A. & Scheerso, A. (2019). Pflanzen? Wen interessiert's? *Bildungsforschung*, (1), 1–22.
- Vogt, H. (1998). Zusammenhang zwischen Biologieunterricht und Genese von biologieorientiertem Interesse. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(1), 13–27.
- Vogt, H. (2007). Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 9–20). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Waltner, E.-M., Rieß, W. & Mischo, C. (2019). Development and Validation of an Instrument for Measuring Student Sustainability Competencies. *Sustainability*, 11(6), 1717. <https://doi.org/10.3390/su11061717>
- Wandersee, J. H. & Schussler, E. E. (1999). Preventing Plant Blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), 82–86. <https://doi.org/10.2307/4450624>
- Wandersee, J. H. & Schussler, E. E. (2001). Toward a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin*, 47(1), 2–9.
- Wilde, M. & Urhahne, D. (2008). Museum learning. A study of motivation and learning achievement. *Journal of Biological Education*, 42(2), 78–83. <https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656115>

Kontakt

Tobias Hoppe
Pädagogische Hochschule Freiburg
Institut für Biologie und ihre Didaktik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
E-Mail: tobias.hoppe@ph-freiburg.de
Telefon: 0761-682-691

Zitationshinweis:

Hoppe, T. & Rieß, W. (2021). Evaluation und Förderung von ökologischen Facetten einer Nachhaltigkeitskompetenz bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) – Biologie Lehren und Lernen*, 25, 27-44. doi: 10.11576/zdb-3734

Veröffentlicht: 13.04.2021



Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung 4.0 International zugänglich (CC BY 4.0 de). URL <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>