

Special Issue

Professionalisierung von Lehrpersonen für die Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)

Research-Based Report of Practice

Zur Professionalisierung von Lehrkräften für die Bildung für nachhaltige Entwicklung in Outdoor-Kontexten gehört der Blick auf die Lernenden

Lissy Jaekel¹, Ulrike Kiehne¹, Sabrina Friess²

Received: April 2023 / Accepted: November 2023

Structured Abstract

Hintergrund: Die Klimakrise findet derzeit eine hohe Wahrnehmung innerhalb der Gesellschaft, weniger jedoch global gestörte Stoffkreisläufe des Stickstoffs oder Phosphors (N, P) und der Rückgang der Biodiversität. Hier sind planetare Belastungsgrenzen bereits überschritten. Um komplexe Stoffkreisläufe sowie zudem Biodiversität zu verstehen und exemplarisch praktisch zu managen, gestalten an Hochschulgärten Lehramtsstudierende mit Kindern und Jugendlichen authentische Lernsituationen, z. B. zu Kompost, Frühblühern oder Boden- und Wassertieren. Das Professionswissen der Lehrenden (vom englischen Pedagogical context knowledge kurz: PCK) hat viele Facetten, insbesondere unter besonderer Berücksichtigung von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in outdoor-Kontexten. Jedoch gehört es bei BNE bisher nicht zum Standard, sich von den Lernergebnissen der Kinder ein jeweiliges Bild zu machen.

Ziel: Welche Rolle spielen diagnostische Anteile beim Outdoor Teaching zu BNE? Es wird untersucht, inwieweit sich Studierende der Lehrämter durch Lehrveranstaltungen - entweder outdoor oder indoor - qualifizieren. Es werden die erreichten Lernstände der Kinder jeweils inhaltsbezogen diagnostiziert.

Methoden: Das entwickelte Modell „PCK- BNE - outdoor“ wird mit den erprobten Erhebungsinstrumenten auf Situationen in Lehramtsstudiengängen angewandt. Zudem werden Lernstände der Schüler:innen (Klasse eines bis sechs) während und nach Lernaufenthalten untersucht.

Ergebnisse: Es werden outdoor-Seminare mit indoor-Seminaren zu gleichen Studieninhalten verglichen. Die Einschätzungen zu Facetten der PCK befragter Lehramtsstudierender outdoor versus indoor unterscheiden sich in der Wertschätzung des Draussen-Lernens, nicht aber in den Kompetenzen des Fachwissens (content knowledge: CK). Die inhaltlich konkreten Zeichnungen und Texte der Lernenden im Posttest nach Outdoor-Lernsituationen bieten bei qualitativ inhaltsanalytischer Auswertung beachtliche Impulse zur Reflexion. Vorstellungen zu Stoffkreisläufen sind bei Sechstklässlern begrifflich differenzierter als bei Grundschulkindern, aber das Artenwissen stagniert. Lernwirksam sind interessiefördernde Kontexte und intensive Wiederholungen.

Schlussfolgerungen: Für eine erfolgreiche BNE müssen weitere diagnostische Fähigkeiten entwickelt und passgenaue Feedbackinstrumente für die Lernstände erstellt werden. Professionalisierung im Sinne lebendiger und handlungsrelevanter BNE (*enacted PCK*) dauert lange und erfordert rekurrende Treatments.

Keywords: *outdoor teaching, BNE enacted PCK, Stoffkreisläufe, planetare Belastungsgrenzen*

The view at the learners - an important part of developing pedagogical content knowledge for ESD and outdoor teaching

Background: The climate change is highly visible within society, but less so are globally biogeochemical flows (N, P) and the decline in biodiversity. Here, planetary boundaries have already been exceeded. At university gardens, pre-service student teachers design authentic learning situations for children on compost, early flowering plants or soil animals in order to understand and practically manage biogeochemical flows and biodiversity. PCK with special consideration of ESD in outdoor contexts has many facets. However, ESD outcomes have only been partially assessed systematically.

¹Pädagogische Hochschule Heidelberg, ²Pädagogische Hochschule Karlsruhe
✉ jaekel@ph-heidelberg.de

Purpose: What role do diagnostic components play in outdoor teaching on ESD? The extent to which pre-service student teachers in the teaching profession qualify through courses that are either outdoor or indoor is examined. The achieved learning levels of the children are diagnosed in each case in relation to content.

Methods: The developed model "PCK- ESD - outdoor" is applied to situations in teacher training programmes with the tested survey instruments. In addition, student learning outcomes (grades one through six) are examined during and after learning stays.

Results: Outdoor seminars are compared with indoor seminars on the same study content. The assessments of factors of PCK of surveyed pre-service student teachers outdoors versus indoors differ in the appreciation of outdoor learning, but not in the competences of subject knowledge (CK). The concrete drawings and texts of the learners in the post-test after outdoor learning situations offer considerable impulses for reflection in a qualitative content-analytical evaluation. Sixth graders' ideas about material cycles are conceptually more differentiated than those of primary school children, but knowledge of species stagnates. Contexts and intensive repetition are effective for learning.

Conclusions: For successful ESD, further diagnostic skills need to be developed and precise feedback instruments for learning levels need to be created. Professionalisation (enacted PCK) in the sense of living and action-relevant ESD takes a long time and requires recurrent treatments.

Keywords: *outdoor teaching, ESD, enacted PCK, biogeochemical flows*

1 Einleitung

Die Klimakrise findet derzeit eine hohe Wahrnehmung innerhalb der Gesellschaft, weniger aber die global gestörten Stoffkreisläufe des Phosphats und Stickstoffs (P, N) oder der Rückgang der Biodiversität. Global betrachtet sind aber gerade diese Stoffkreisläufe hochproblematisch (Steffen et al., 2015), planetare Belastungsgrenzen sind hier bereits überschritten. Folke et al. (2016) bekräftigen, dass die Biosphäre das „Fundament“ der Umsetzung der sozialen und der wirtschaftlichen Nachhaltigkeitsziele bilde, sie setzen also die international vereinbarten Sustainability Development Goals (SDGs) in konkrete Beziehungen zu den planetaren Belastungsgrenzen. Solche „epochaltypischen Schlüsselprobleme“ (Klafki, 1995, 1996) tangieren den Alltag anscheinend kaum.

Obwohl der Klimawandel wegen seiner tiefgreifenden Folgen für den Planeten Erde zu Recht hohe Aufmerksamkeit erfährt, ist er zumindest momentan nur die viertgrößte Ursache für den Verlust der biologischen Vielfalt an Land. Nach Chowdhury et al. (2022) ist die Umwandlung von naturnahen Wäldern und Grünland in landwirtschaftliche Flächen hauptverantwortlich für den weltweiten Verlust der biologischen Vielfalt. Und dies wiederum tangiert unmittelbar die globalen Stoffströme des Stickstoffs und Phosphats und auch die Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion (von Körber, 2014).

Bei globalen Stoffströmen des Stickstoffs und Phosphates sowie beim Rückgang der Biodiversität sind die planetaren Grenzen nach Steffen et al. (2015) bereits klar überschritten. Doch auch beim Schutz der Biodiversität gibt es unterschiedliche Prioritäten. So bemerken Chowdhury et al., 2022, dass bei der Ausweisung neuer Schutzgebiete vorrangig Wirbeltiere berücksichtigt würden, nicht aber die grösste Artengruppe des Tierreiches, die Insekten mit ihren beachtlichen Ökosystemfunktionen. Andere Expert:innen fordern, auch ausserhalb von Schutzgebieten Biodiversität gezielt zu schützen. Die Notwendigkeit des verstärkten Schutzes der Biodiversität ist durch internationale Konventionen sowie durch gesetzliche Rahmungen fixiert. Deutschland ist seit ihrem In-Kraft-Treten im Jahr 1993 Vertragspartei der Convention on Biological Diversity (CBD).

Diese beiden untrennbar miteinander verbundenen Aspekte der Nachhaltigkeit, die globalen Stoffkreisläufe und der Erhalt der Biodiversität, stehen im Fokus der Bildung für Nachhaltigkeit (BNE) an Hochschulgärten. An der Pädagogischen Hochschule Heidelberg arbeitet das Team seit drei Jahrzehnten an dem Bildungsanliegen, das Verstehen der Stoffkreisläufe, in welche Menschen und andere Lebewesen eingebunden sind, gemeinsam mit Kindern *outdoor* zu durchdringen und zu erarbeiten. Untrennbar damit verbunden sind die konkreten Lebewesen, also die Biodiversität (Jaun-Holdererger et al., 2022).

Unser Kernanliegen ist die Professionalisierung von Lehramtsstudierenden (also angehender Lehrkräfte) hinsichtlich naturbezogener BNE. In Reflexion jahrelanger Forschungen fokussieren wir auf die Befähigung angehender Lehrkräfte, Lernfortschritte von Schüler:innen zu diagnostizieren und zu fördern.

2 Problemstellung und theoretischer Hintergrund

2.1 Theoretische Hintergründe und empirische Kenntnisse zum Zusammenhang von BNE und Biodiversität bei der Lehrer:innenbildung

BNE erfordert das Zusammenspiel von sozial- kulturellen, ökologischen und ökonomischen Aspekten. Dennoch ist die Ökologie in der Hochschullehre für Biologie-Lehrämter natürlich von zentraler Bedeutung, zumal die international vereinbarten Sustainability Development Goals von ökologischen Aspekten durchsetzt sind. Folke et al. (2016) betonen sogar, dass die ökologischen Dimensionen sowie der Klimaschutz die Basis sämtlicher sozialer und ökonomischer Nachhaltigkeit seien.

Die fehlende Anerkennung der ökologischen Bedeutung von Pflanzen sowie deren geringe Wertschätzung (Leske & Bögeholz, 2008) haben nach Tessartz und Scheersoi (2019) einen negativen Einfluss auf die Bereitschaft von Menschen zum Schutz ihrer Biodiversität. Dies könne „zu schwerwiegenden Konsequenzen für den „Gesundheitszustand“ unseres Planeten führen“ (Tessartz & Scheersoi, 2019, S. 1). Die Erkenntnisse über Interessen von Lernenden und Erwachsenen an Organismen durchziehen die fachdidaktische Forschung, von Ament (1901), Pfligersdorffer (1991), Löwe (1992), Jäkel (1992; 1994; 1995), Mayer (1995), Vogt und Upmeyer zu Belzen (1998), Bögeholz (1999), Wandersee und Schussler (2001) und sehr viele andere Studien bis zu Hesse (2000) oder Lindemann Matthies (1999), Urhahne (2006) oder Rädiker und Kukartz (2012), sie wurden durch die internationalen ROSE-Studien ebenfalls bestätigt (Elster, 2007; Holstermann & Bögeholz, 2007).

Insbesondere die Studien von Hesse (2000; 2002) bringen Defizite von Biologieunterricht zum Ausdruck: 2/3 der retrospektiv Befragten gaben an, dass nie oder nur ausnahmsweise die Schulumgebung erkundet wurde. Gerade die Schulbotanik wird retrospektiv als nicht besonders interessant eingestuft, obwohl man sich "im Nachhinein insbesondere mehr Pflanzen- und Tierkenntnisse (einheimische Umwelt)" wünschte (Hesse, 2000, S. 193). Eine Nachfolgestudie von 2015 berichtete ähnliche Ergebnisse (Klingenberg, 2015). Bedarf weiteren konkreten Wissens vermeldet auch die Naturbewusstseinsstudie bei BMU & BfU (2020).

Solche fachdidaktischen Studien bestätigen immer wieder ein geringeres botanisches Interesse, im Vergleich zu zoologischen Interessen bzw. - bei älteren Lernenden- zu humanbiologischen Interessen. Die Forschungen zeigen aber inzwischen durchaus auch Möglichkeiten, durch geeignete didaktische Kontexte hier partielle Änderungen hervorzurufen (z. B. Czernoch, 2008). Weusmann schätzt noch 2015 ein, Schul- und Hochschulgärten wären eine zu wenig genutzte Form des Lehrens und Lernens. Auch Lehnert et al. (2016) zeigen Facetten der Stärkung der Gartenkompetenzen auf im Kontext von (Hochschul-)Gärten auf. Tessart und Scheersoi (2019) wenden sich Hochschulgärten zur Erforschung von Interessen und Kontexten zur Interessensteigerung ebenfalls zu. Sie bestätigen erneut die Erkenntnisse (Elster, 2007; Jäkel, 1992), dass „ungewöhnliche Fähigkeiten und Eigenschaften“, „auffälliges Aussehen und Ästhetik“, „persönlich Bedeutsames“ (zur „subjektiven Bedeutsamkeit“ vgl. auch Jäkel, 1992) sowie Nutzungsmöglichkeiten für den Menschen die Interessiertheit an Organismen hervorrufen können. Es geht eben um „Merk-Würdiges“. Botanische und ökologische Themen in Lernprozessen motivierend zu gestalten, dies ist eine besondere didaktische Herausforderung. Eine gewisse Fokussierung der Expertise auf ausgewählte Organismengruppen, in diesem Falle von Naturschutzaktiven, berichten auch Berck & Klee (1992). Das Interesse kann beispielsweise nur auf Vögel oder eine noch engere Organismengruppe gerichtet sein - und nicht auf Biodiversität in ihrer Gesamtheit.

Naturnähe der Lehrkräfte ist relevant für die eigene Unterrichtsplanung, auch nach Modellen der didaktischen Rekonstruktion. Ein wesentliches Problem bei der Wissenserosion besteht nun darin, dass auch angehende Lehrkräfte ähnliche Profile bei Interessen und Kenntnissen wie Laien aufweisen, d.h. abfallend von Humanbiologie und Zoologie zu Botanik (Urhahne, 2006; Jäkel, 2015) oder Ökologie. Bereits bei Baumert und Kunter (2006) sind die Einstellungen beim PCK-Modell berücksichtigt und werden zusätzlich zu den Facetten der PCK erhoben, obwohl sie ja über dauernde Persönlichkeitseigenschaften darstellen. Auch unsere Entwicklungen zu einem auf BNE und *outdoor* fokussierten PCK-Modell halten an diesem Vorgehen fest.

2.2 PCK-Modell

Studien zum Professionswissen angehender Lehrkräfte im Bereich *Outdoor Education* zeigen (Friess et al., 2016; Jäkel et al., 2020a; 2020b), dass eigene Interessen der (angehenden) Lehrenden durchaus von Relevanz für Unterrichtsplanungen sind. Im Laufe der eigenen Forschungen wurden die Vorstellungen von Shulman (1987) sowie von Baumert & Kunter (2006) oder Kunter & Baumert (2011) und anderen aufgegriffen und weiterentwickelt.

Bei der Modellprüfung zu einem PCK-Outdoor-Modell konnten beim Faktor Gartenwissen keine statistischen Differenzierungen zwischen auf Tiere oder auf Pflanzen bezogenen Kenntnissen gefunden werden, das Fachwissen bildete insgesamt einen gemeinsamen Faktor. Weitere Faktoren sind Einstellungen zur Natur, Organisationswissen, Einschätzungen zu Vor- und Nachteilen des Draussen-Lernens sowie ein eigener Faktor BNE. Anscheinend erfordert also die komplexe Bildung für nachhaltige Entwicklung spezifische didaktische Kompetenzen, die sich von denen des Fachunterrichts unterscheiden. Dies ist Ergebnis der faktorenanalytischen Prüfung des Modells des Professionswissens anhand der Daten hunderter Proband:innen.

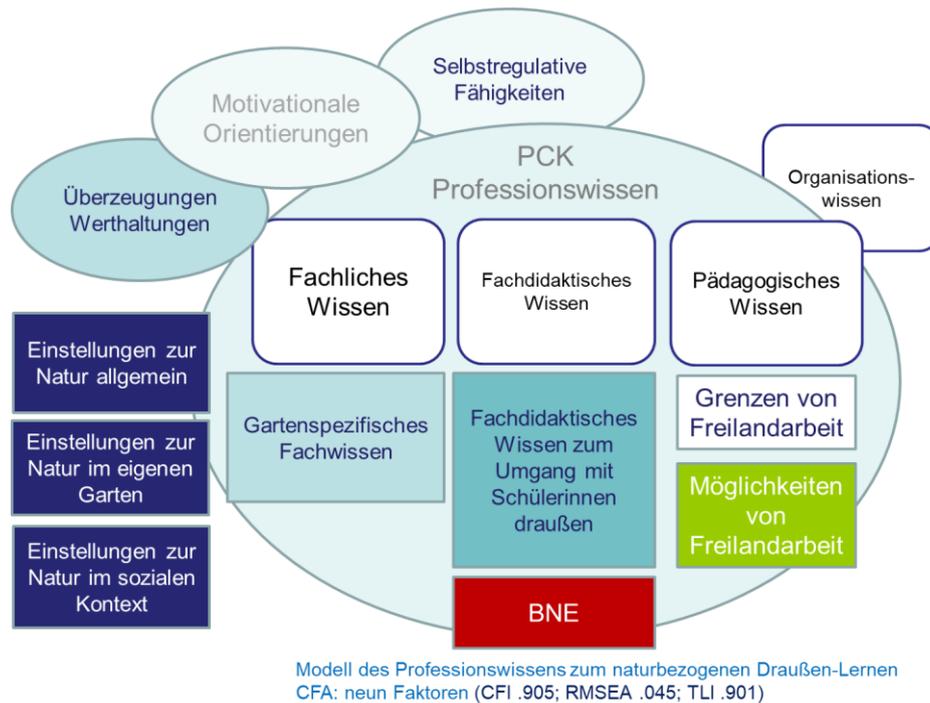


Abb. 1. PCK-Outdoor-Modell mit Faktor BNE sowie Naturschutzeinstellungen (nach Friess et al., 2016; Jäkel et al., 2020a)

Hochschulgärten können dafür genutzt werden, angehenden Lehrkräften die Chance zu geben, bereits mit Kindern draussen zu lernen und dabei didaktische Erfahrungen zu sammeln (Weusmann, 2015). Wer mit Kindern draussen lernt, macht aber nicht automatisch zugleich Bildung für nachhaltige Entwicklung, und stärkt dabei auch nicht zugleich sein Gartenwissen – oder umgekehrt, diese verschiedenen Faktoren der PCK erfordern jeweils besondere Fokussierungen im Rahmen der Hochschulbildung (Friess et al., 2016).

Nun ist die Biologie an sich schon durch hohe Komplexität ihrer Gegenstände gekennzeichnet (Probst, 2000), da macht die „Querschnittsaufgabe“ BNE das Unterrichten nicht leichter. Aber möglicherweise ist gerade die Biologie wegen der hohen Komplexität ihrer Erkenntnisgegenstände für die Herausbildung von Systemkompetenz besonders prädestiniert – und damit für BNE. Denn Systemkompetenz ist zentral für das Lösen globaler Probleme im Sinne der Nachhaltigkeit.

BNE mit ihren Facetten durchzieht die Lernangebote des Lehrgartens der Hochschule(n) in vielfältiger Weise. Im Zentrum der Bildung der Lehrkräfte steht parallel dazu die Entwicklung von spezifischem Professionswissen, also einer PCK für BNE – outdoor (Jäkel, 2021). Bisher gehört es beim Draussen-Lernen zu BNE kaum zum Standard, sich von den Lernergebnissen der Kinder ein jeweiliges Bild zu machen. Auch nach Günther et al. (2022) wurden die „outcomes“ der BNE bisher nur partiell systematisch untersucht.

Die BNE ist im vorliegenden Konzept mehrerer Hochschulgärten operationalisiert (und im Sinne von Inklusion auch elementarisiert) auf konkrete Unterrichtsinhalte für Schulklassen. Dies sind beispielsweise die Themenfelder Kompost und Boden, Bestimmung der Wasserqualität über Indikatororganismen, Wertschätzung der Produktivität autotropher grüner Pflanzen und aktive Erhaltung pflanzlicher und tierischer Biodiversität.

Im Fokus der Entwicklung der PCK von Lehrkräften in den Hochschulgärten der Pädagogischen Hochschule Heidelberg sowie auch der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe steht bei diesen Lernprozessen daher der verstärkte Blick auf die Lernenden und deren Lernzuwächse selbst. Die Lernergebnisse der Schüler:innen sind letztlich ein entscheidender Indikator erfolgreichen Lehren und Lernens (Helmke & Leske, 2013). Gemäss Konzept der PCK-Entwicklung für das Draussen-Lernen ist also genau zu prüfen, was Schulkinder über Stoffkreisläufe oder Artenwissen gelernt haben. Zugleich ist der Blick auf die PCK der angehenden Lehrkräfte zu richten.

Nach dem *Refined Consensus Model* des Professionswissens (RCM) gibt es bemerkenswerte Unterschiede zwischen allgemeinem Wissen der Fachdidaktik, einem personalisierten Verständnis sowie letztlich dem jeweils pädagogischen Handlungsfeld von den Lehrenden umgesetzten PCK, *enacted* PCK. Einige Projekte arbeiten an der Förderung von Professionswissen und der Diagnosekompetenz von Biologielehrkräften, jedoch bevorzugt im Rahmen von simulationsbasierten Lernumgebungen (z. B. Kramer et al., 2021; Irmer et al., 2023). Dabei geht es darum, eigentlich theoretisch vorhandenes fachdidaktisches Wissen (*personal* PCK) in relevanten Situationen auch einzubeziehen (*enacted* PCK). Hierfür benutzen die Autorinnen den Begriff des *Scaffolding*. Erste Hinweise aus diesen Arbeitsgruppen deuten darauf hin, dass konzeptuell-strategisches fachdidaktisches Wissen wichtig für eine Reflektion von videobasierten Unterrichtssimulationen ist. Zudem scheint auch die Reihenfolge der Wissensvermittlung für den Aufbau der professionellen Wissensbasis eine wichtige Rolle zu spielen.

Wie aber sieht das beim Draussen-Lernen mit Kindern in echten Situationen aus? Es zeigt sich ein Forschungsbedarf zu der Frage, welche Rolle diagnostische Anteile beim Draussen-Lernen zu BNE spielen. Welche Erhebungsinstrumente sind bei der Heterogenität der Lernenden und der jeweiligen bildungspolankonformen Lerninhalte geeignet? Jahnke (2011) forschte mit speziell entwickelten Fragebögen zu Umweltbildung als Teil der schulischen Bildung für nachhaltige Entwicklung mit „Ökomobilen“. Sie fand heraus, dass methodische Vielfalt lernförderlich wirkt.

Helmke (2022) fordert völlig berechtigt, vermutete oder erhoffte Lernwirksamkeit müsse jeweils unter Beweis gestellt werden, dies gilt auch für das Lernen Draussen und für das Lernen zu BNE. Wie kann man Unterrichtsqualität erfassen, insbesondere draussen? Für die Erfassung der Qualität von Unterricht plädiert er allgemein für „Kombinationslösungen“ (Helmke, 2022, S. 245), von frei bis gebunden, von „Ausschnittbeleuchtung“ bis zu Breitbanddiagnose, etc., dabei benennt er das sogenannte „Bandbreite – Genauigkeits – Dilemma“.

Diese Fragen nach geeigneter Forschungsmethodik werden überlagert von veränderten äusseren Bedingungen: Gerade im Hinblick auf das Draussen-Lernen gilt es zunächst abzuklären, ob sich die Herausbildung von PCK während der Corona-Pandemie verändert hat. Nach einer Metastudie in 15 Ländern von Betthäuser et al. (2023) sind Lerndefizite der Generation Corona immens. Lernfortschritte hätten sich demnach während der Pandemie verlangsamt, insbesondere bei Kindern aus bildungsfernen Milieus und besonders das Fach Mathematik betreffend. Lerndefizite hielten über den Mai 2022 hinaus an. Zudem heisst es, Digitalisierungsmassnahmen hätten den Lernerfolg nicht gerettet, sondern seien Treiber von Bildungslücken geworden. Der Medienkonsum in der Freizeit habe sich zudem erhöht.

Im Bundesland Baden-Württemberg gibt es Hochschulgärten, in denen Hochschulseminare angeboten werden, um fachliche und didaktische Kompetenzen zur Bildungsarbeit mit Kindern und Jugendlichen in authentischen Kontexten anzubahnen. Im oben dargestellten Kompetenzmodell wurde gezeigt, dass Lernprozesse draussen in der Natur bzw. naturnahen Hochschulgärten neben dem Fachwissen, dem allgemeinen pädagogischen Wissen sowie dem allgemeinen fachdidaktischen Wissen spezielle Kompetenzen zum Unterrichten von BNE und spezielle Kompetenzen zum Moderieren von naturbezogenen Lernprozessen draussen erfordern. Zudem wird das Professionswissen durch die Einstellungen der Lehrkräfte zur Natur beeinflusst. Es werden Lernsituationen mit Schulklassen und Kindergruppen geplant, real gestaltet und reflektiert. Vor der Corona-Pandemie waren funktionierende Netzwerke zwischen dem Hochschulgarten der Pädagogischen Hochschule Heidelberg und Schulen der Region mit *Outdoor*-Klassen oder sporadischen Lernaufenthalten gut etabliert.

PCK unter besonderer Fokussierung auf BNE und Draussen-Lernen hat viele Facetten. Bereits vor der Corona-Pandemie konnte durch statistische Modellprüfung gezeigt werden, dass Professionswissen zum naturbezogenen Draussen-Unterricht im Sinne einer Bildung für Nachhaltigkeit innerhalb der wissenschaftlichen Hochschulbildung eine besondere Fokussierung erfordert, ebenso wie die Befähigung von (angehenden) Lehrkräften zu *Outdoor-Teaching* (Friess et al., 2016; Jäkel et al., 2020b). Der bei Hattie (2013) hoch gerankte Begriff des *Classroom managements* bekommt hier eine andere räumliche Rahmung, meint aber immer noch das passgenaue Lehren mit dem Blick auf die Lernenden. „Ein positives, fürsorgliches und respektvolles Klima im Klassenzimmer ist eine Grundvoraussetzung für das Lernen“ (übersetzt nach Hattie, 2012, S. 70) - aber auch beim Lernen draussen, ist zu ergänzen.

Nach über zwei Jahren der Pandemie, in denen Lerngänge nicht stattfanden, wurde an bewährte Traditionen der Professionalisierung von Lehrenden für BNE *outdoor* in Hochschulgärten angeknüpft.

2.3 Forschungsfragen

1. Inwiefern unterscheiden sich das Professionswissen und die Einstellungen zur Natur vor und nach der Corona-Pandemie bei den beteiligten Lehramtsstudierenden?
2. Inwieweit unterscheiden sich die Selbsteinschätzungen von Studierenden der Lehrämter, die an verschiedenen Lehrveranstaltungen teilnehmen, die entweder *outdoor*, nur *indoor*, oder aber fächerübergreifend theoriebasiert überwiegend *indoor* zu BNE stattfinden? Unterscheiden sich Seminare *indoor* und *outdoor* hinsichtlich der Faktoren des PCK?
3. Inwieweit sind Lernzuwächse bei Kindern erkennbar, die den Hochschulgarten als Lernort der BNE und Biodiversität besuchen? Welche Rolle spielen Aspekte der Fachsprache hierbei?

3 Methoden

3.1 Überblick über die Datenerhebung

Einerseits richtet sich der Fokus des langfristigen Entwicklungs- und Forschungsprojektes auf die Lehramtsstudierenden. Insbesondere wird untersucht, inwieweit sich Studierende der Lehrämter durch Lehrveranstaltungen qualifizieren, die entweder *outdoor*, nur *indoor*, oder aber fächerübergreifend theoriebasiert überwiegend *indoor* zu BNE stattfinden. Zudem wird das entwickelte Modell „PCK- ESD - *outdoor*“ (Jäkel et al., 2020a) mit den erprobten Erhebungsinstrumenten bei Lehramtsstudierenden erneut angewandt. Diese Werte werden mit umfangreicheren Messdaten vor der Corona-Pandemie verglichen. Einbezogen sind Lehramtsstudierende der Lehramtsstudiengänge Grundschule, Sekundarstufe und sonderpädagogische Studiengänge.

Andererseits werden Lernzuwächse von Schulkindern nach Lernaufenthalten draussen differenziert diagnostiziert. Von den 37 Schulklassen mit Lernaufenthalten im konsequent nach ökologischen Kriterien bewirtschafteten Hochschulgarten im Laufe des Jahres 2022 werden diejenigen 14 Schulklassen befohrt, die absichtsvoll ein oder mehrere konkrete Lernmodule mit präzisen Bildungsplanzielen absolvierten. Dabei werden die Aspekte der Stoffkreisläufe (Kompost, Gewässergüte) und der Artenkenntnisse (Frühblüher, Bodentiere, Vögel, Gewürz- und Teepflanzen, Nachtschattengewächse) modular an die jeweiligen Bildungsziele und Altersgruppen adaptiert. Hier dienen speziell entwickelte schriftliche Tests als Posttests sowie ergänzend teilnehmende Beobachtungen als Erhebungsinstrumente.

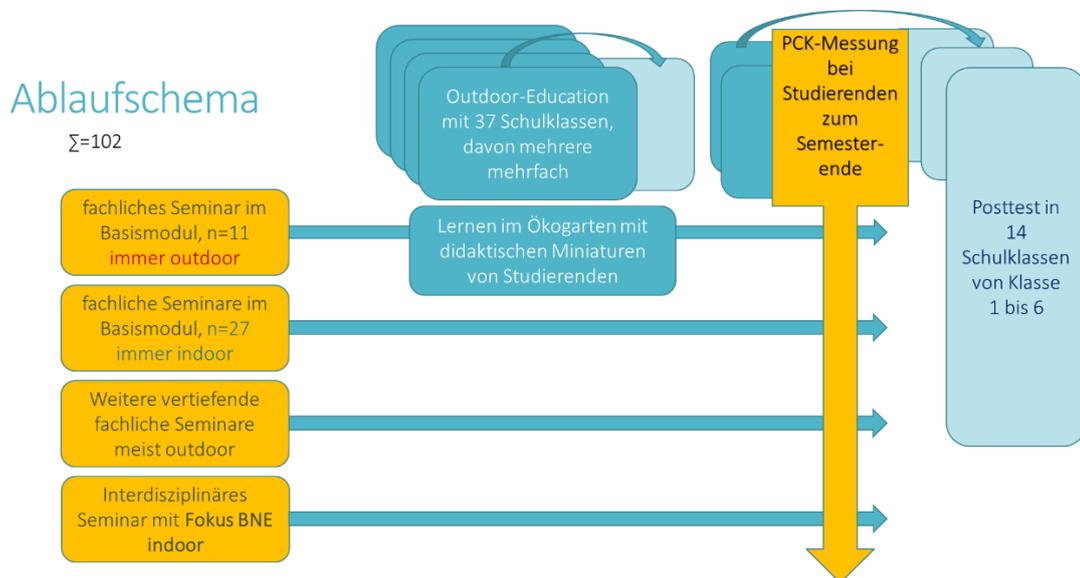


Abb. 2. Schema zur Datenerhebung bei Lehramtsstudierenden und *Outdoor*-Klassen im Untersuchungsjahr 2022

3.2 Entwicklung der schriftlichen Tests

Grundlage der Entwicklung der schriftlichen Tests zur Diagnose der Lernstände bzw. Defizite sind die mit den Lehrkräften vereinbarten Lerninhalte. Jede Lerneinheit wird durch ein Forscher:innenheft flankiert, das in einem modularen System jeweils auf die Lerngruppe adaptiert wird. Die Forscher:innenhefte sind charakterisiert durch knapp versprachlichte Aufgaben zur Konzentration auf die Arbeit vor Ort. Diese Forscher:innenhefte enthalten keinerlei Lückentexte oder Lerntexte, sondern animieren zum kurzen Fixieren erkannter Phänomene, es sind Erinnerungsdokumente. Sich beim fachsprachlichen Formulieren eines reichen Sprachschatzes bedienen zu können - das zeugt von Sprachkompetenz. Auch die passende Benutzung mehrerer synonyme Begriffsnamen zur Beschreibung einzelner Phänomene ist ein Ausdruck fachlicher Sprachkompetenz. Wenn beispielsweise Inhaltsstoffe der Zwiebel als Kohlenhydrate, als Glukose, als Traubenzucker bzw. Zucker bezeichnet werden, sind alle diese Angaben korrekt. Mit einem Lückentext könnte diese fachsprachliche Vielfalt nicht angemessen erfasst werden. Es werden daher gezielt offene Antwortformate eingesetzt.

Ergänzend finden teilnehmende Beobachtungen statt. Bei teilnehmenden Beobachtungen werden sämtliche Wortäußerungen von Kindern auf die Leitfragen der Unterrichtsgespräche protokolliert.

Erstes Beispiel: Im Anblick heimischer Frühjahrsgeophyten im Original (Gefingerter Lerchensporn, Scharbockskraut, verblühte Schneeglöckchen, Gelbe und Weisse Anemone, Bärlauch, Aronstab) werden Kinder befragt, welche Pflanzen sie kennen.

Zweites Beispiel: Beim Untersuchen von Zwiebeln (im Kontext der Frühblüher) auf deren Nährstoff- und Vitamin-gehalte werden die Äusserungen der Kinder in den Lerngesprächen protokolliert.

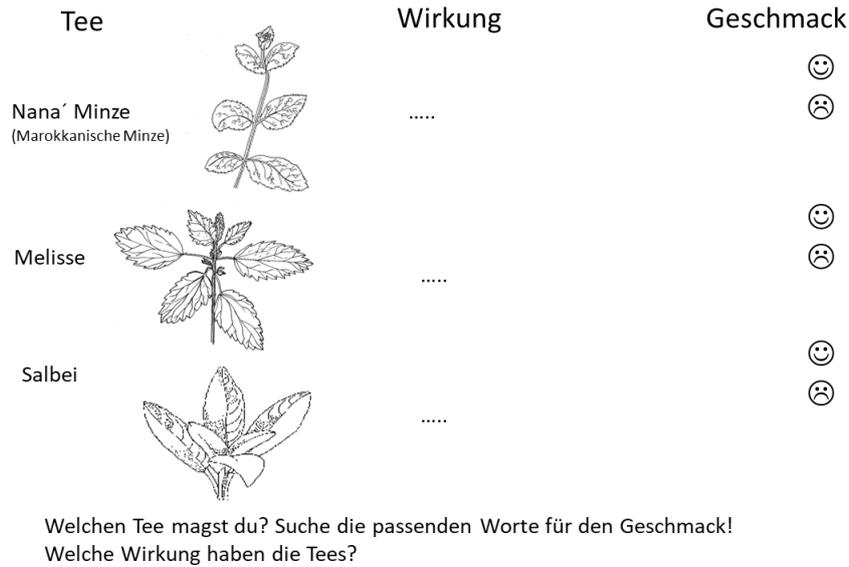


Abb. 3. Ausschnitt eines Forscher:innenheftes

3.3 Art und Weise der Analyse der Daten und Überblick über Teilnehmende

Es nehmen Kinder im Alter zwischen 6 und 12 Jahren aus 14 Schulklassen an der Erhebung teil.

Im Jahr 2022 sind 102 Lehramtsstudierende aus verschiedenen Seminaren, u.a. aus botanischen Basismodulen *indoor* versus *outdoor* und aus einem Vertiefungsmodul zu Organismenkenntnissen beteiligt. Aus diesen Kohorten werden keine Stichproben gezogen, sondern die Grundgesamtheit regelmässig teilnehmender Lehramtsstudierender wird erfasst, allerdings mit einer hohen Ausfallquote während des zweiten Jahres der Corona-Pandemie.

Der eingesetzte Fragebogen basiert ursprünglich auf den Fragen von Weusmann (2015) und wurde von der Arbeitsgruppe mehrfach erweitert, adaptiert und faktorenanalytisch geprüft (Jäkel et al., 2020a).

Beteiligte Seminare im Sommersemester 2022:

1. Seminar im übergreifenden Studienbereich – interdisziplinär –überwiegend *indoor* - n=15
2. botanische Seminare im Basismodul, *indoor* - n=27
3. botanisches Seminar im Basismodul, konsequent *outdoor* - n=11
4. weitere vertiefende Seminare höherer Module

Tab. 1. Tabelle beteiligter Klassen und Schulform, davon manche mehrfach

Klassenstufe	n beim ersten Nachtest	n beim zweiten Nachtest in der Schule	n beim dritten Test auch in der Schule
eine erste Klasse einer Gesamtschule	24	23	28
eine erste Klasse einer Grundschule	15	20	
zwei zweite Klassen einer Grundschule	19 / 20		
eine dritte Klasse einer Grundschule	16		
eine vierte Klasse einer Grundschule	16		
fünf fünfte Klassen desselben Gymnasiums	23 / 28 / 23 / 25 / 26		
eine fünfte Klasse einer Gesamtschule	19		
eine sechste Klasse einer Gesamtschule	25		
eine sechste Klasse eines Gymnasiums	29		

3.4 Erhebungsinstrumente der Lernstände der Schüler:innen

Das Lernen erfolgt nicht inhaltsunabhängig. Für jede *outdoor* unterrichtete Schulklasse wird modular ein speziell passender Post-Test entwickelt.

Die schriftlichen Tests werden vorrangig inhaltsanalytisch (Bortz & Döring, 2016) ausgewertet, zum Beispiel im Hinblick auf Namen von Vögeln bei freier Nennung, auf Namen von Frühblüheren bei freier Nennung oder Bodentieren bzw. Lebewesen im Kompost sowie Nährstoffen in Nahrungspflanzen.

Geschlossene Formate beziehen inhaltlich sich auf Zuordnung abgebildeter Nachtschattengewächse zu dieser Familie, auf Namen von Gewürzen aus der Familie der Lippenblütler, auf Gewürzkräuter für Tee und Kräuterquark sowie auf Farben in blauen, roten und gelben Kartoffelsorten. Als *Multiple Choice* - Aufgabe mit Bildern werden kompostierbare bzw. nicht kompostierbare Objekte angeboten. Geschlossene Fragen beziehen sich auch auf den Vitamin- oder Nährstoffgehalt von Kartoffeln oder Zwiebeln. Solche Aspekte werden deskriptiv statistisch ausgewertet (SPSS 29).

3.5 Auswertung der Erhebungen bei Lehramtsstudierenden

Die PCK-Fragebögen (n=102) werden ebenfalls mit SPSS 29 ausgewertet. Die Einstellungen zur Natur, das Fachwissen im biologisch-gärtnerischen Bereich und das Professionswissen zum Draussen-Unterrichten werden mit geschlossenen siebenstufigen Skalen gemessen. Dazu wird das bereits früher geprüfte Modell (Friess et al., 2016; Jäkel et al., 2020a; 2020b) mit Fragebogen erneut eingesetzt. Die Skalengüte (Cronbachs Alpha) wird für die Probandinnen von 2022 (n=102) erneut geprüft und liegt bei den Frageblöcken zwischen .880 bei Items zu Vorzügen der Freilandarbeit, .758 bei Items zu Nachteilen der Freilandarbeit, .864 bei Einstellungen zur Natur, .876 bei der Selbsteinschätzung fachlicher Kompetenzen und .819 bei Selbsteinschätzungen fachdidaktischen Könnens zum Draussen-Unterrichten sowie .696 für Items bezüglich BNE und .756 bei Items zum Organisationswissen. Die beiden letztgenannten Faktoren waren mehrfach im Fokus der Modellprüfung, sind aber anscheinend eigenständige Faktoren (Jäkel et al., 2020a). Items zur Prüfung des Faktors BNE beim PCK-Fragebogen für Lehramtsstudierenden lauteten beispielweise: „Durch Gartenarbeit kann man selbst einen Beitrag leisten, um dem Klimawandel entgegenzuwirken.“; „Ich kann Bezüge zwischen Gartengestaltung und Verantwortung für eine nachhaltige Wirtschaft aufzeigen.“; „Ich kann Themen im Garten in Bezug setzen zu globalen Fragen der Naturnutzung und der sozialen Verantwortung“. Diese Items wurde über Jahre ausgearbeitet und die Skalengüte jeweils geprüft.

3.6 Wie muss man sich einen Lernaufenthalt einer Schulklasse vorstellen? Inwieweit wird hier PCK trainiert?

Schulklassen werden von ihren Lehrkräften der Schulen zu abgesprochenen Bildungsplanthemen in den Lernraum Ökogarten begleitet. Nach einem einführenden haptischen Lernspiel (Tiere bzw. deren grosse Modelle aus Holz den jeweiligen Lebensräumen zuordnen) werden „Forscher:innenfragen“ an biologischen Originalen im echten Wirklichkeitszusammenhang erarbeitet, im Wechsel zwischen Kleingruppen und Plenum. Von Lehramtsstudierenden gestaltete Lernstationen befassen sich beispielsweise mit dem Treibhauseffekt, dem Stickstoffkreislauf, regionalen Produkten und Nahrungszubereitung und der Wasserqualität. Die Thematiken der BNE und des Stoffkreislaufs sind mit der regionalen Lebensmittelproduktion verknüpft. Jeder Lernaufenthalt wird im Plenum beendet und durch mündliche Kommunikation sowie durch Einträge in das Forscher:innenheft gesichert. Inklusive Settings sind der Normalfall. Die Lehramtsstudierenden erhalten ein *Feedback* für das von ihnen gestaltete Lernmodul unmittelbar durch die Kinder selbst.

4 Ergebnisse

Begonnen wird hier mit den Lehramtsstudierenden, anschliessend wird eine Brücke zu den Lernständen der Kinder geschlagen.

4.1 Ergebnisse zu Messung der PCK bei Lehramtsstudierenden

In unseren aktuellen Messungen zeigten sich bei den Lehramtsstudierenden folgende Tendenzen: Die Werte zu PCK unterscheiden sich insgesamt nicht signifikant von denen vor der Pandemie (Tab. 2).

Tab. 2. Vergleich PCK der Jahre 2018, 2019 und 2022

Faktoren	Pretest April 2018 n= 199 M(SD)	Posttest Juli 2018 n=196 M(SD)	Pretest April 2019 n=247 M (SD)	Posttest Juli 2019 n=200 M (SD)	Test Juli 2022 n=102 M (SD)
Natur allgemein	5,39 (0,73)	5,6 (0,73)	5,56 (0,718)	5,746 (0,62)	5,76 (1,25)
Natur im eigenen Garten	5,5 (1,05)	5,70 (1,05)	5,76 (1,021)	6,01 (0,942)	6,17 (0,76)
Naturschutz unterstützen	4,33 (1,02)	4,45 (1,15)	5,0 (1,019)	5,037 (0,952)	5,20 (0,98)
Fachwissen und Können	3,79 (0,94)	4,36 (0,95)	4,06 (0,879)	4,64 (0,781)	4,26 (0,87)
PCK Outdoor	6,21 (0,87)	6,27 (0,935)	5,35 (0,788)	5,58 (0,61)	5,28 (0,74)
BNE	5,16 (0,71)	5,40 (0,76)	5,33 (0,803)	5,59 (0,686)	5,28 (0,73)
Organisationswissen	4,71 (0,87)	5,17 (0,92)	6,22 (0,714)	6,26 (0,687)	6,31 (0,66)
Pro Freiland	5,87 (0,58)	5,97 (0,66)	6,02 (0,549)	6,06 (0,588)	6,01 (0,65)
Contra Freiland	2,98 (0,86)	3,03 (0,93)	2,86 (0,87)	2,82 (0,918)	2,75 (0,76)

Aufgrund der Corona Pandemie wurden in den Jahren 2020 und 2021 keine Erhebungen durchgeführt. Jedoch zeigen Lehramtsstudierende vor und nach der Corona-Pandemie ähnliche Mittelwerte bei den Messwerten der Faktoren des Professionswissens sowie der Naturschutzeinstellungen. Die Faktoren des Professionswissens sowie die Natureinstellungen wurden mit siebenstufigen Skalen erhoben. Lehramtsstudierende schätzen ihr Fachwissen realistisch kritisch ein mit Werten um 4 (Maximalwert 7), haben sehr hohe Werte bei den Naturschutzeinstellungen (nahezu 6 von 7), wissen die Vorzüge der Freilandarbeit zu schätzen (Mittelwert um 6, von maximal 7) und haben eben nach Seminaren mit outdoor-Anteilen auch eine hohe Einschätzung des eigenen Könnens beim Draussen-Unterrichten (über 6, von maximal 7).

Schaut man jedoch genauer nach Unterschieden, sind signifikante Zusammenhänge erkennbar: So sieht man bei dem detaillierten Vergleich verschiedener Seminare im Jahr 2022 Folgendes:

Im Hinblick auf die PCK werden Lehramtsstudierende, die das botanische Basismodul über ein Semester konsequent *outdoor* absolvieren und u.a. auch aktiv Lernstationen mit Schüler:innen gestalten (n=11 auswertbare Fragebögen) verglichen mit anderen Lehramtsstudierenden, die das Basismodul nur *indoor* studieren (n=27). Diese beiden Gruppen der botanischen Basismodul-Seminare unterscheiden sich nicht signifikant im Faktor Fachwissen, aber signifikant im Bereich des fachdidaktischen Wissens für *outdoor* ($F(1, 36)=2,086, p=.033$), der Potentiale der Freilandarbeit ($F(1, 34)=1,813, p=.014$) sowie des Organisationswissens ($F(1, 37)=4,613, p=.034$) (zweiseitiger t-Test). Die *outdoor*-Lehramtsstudierenden erzielen hier höhere Werte. Fachwissen kann man also ebenso *indoor* entwickeln, Kompetenzen zum Draussen-Lehren jedoch nicht

In die Erhebungen zu PCK werden auch Lehramtsstudierende höherer Semester einbezogen, z.T. auch in die Gestaltung von Lernstationen. Diese Lehramtsstudierenden höherer Semester in vertiefenden Seminaren zum Organismenwissen sehen signifikant höhere Potentiale in der Freilandarbeit, als die oben genannten Lehramtsstudierenden der Basissemester ($p=.039$).

4.2 Ergebnisse zum Artenwissen der Kinder

4.2.1 Ergebnisse teilnehmender Beobachtungen zum Artenwissen

Es gibt Daten aus teilnehmenden Beobachtungen. Die Kinder stehen während des Unterrichtsgesprächs jeweils in Kleingruppen im Biotop mit der Lehrkraft, meist eine Hochschullehrerin oder bewährte Lehramtsstudierende. Als real vorfindliche Pflanzen im Lernort Garten sind in diesem Zeitraum März bis April 2022 zu sehen: Hohler Lerchensporn, Gefingerter Lerchensporn, Weisse Anemone, Gelbe Anemone, Gundermann, Bärlauch, abgeblühte Schneeglöckchen, vereinzelt gelbe Weinbergstulpen und ganz versteckt der heimische Aronstab, sowie zudem der italienische Aronstab. Exemplarische Aussagen werden geordnet nach Klassenstufen dargestellt:

Klassenstufe 1

Bei Erstklässler:innen lautet so eine Liste der Nennungen der Kleingruppe von sechs Kindern: „Hyazinthe, Osterglocke, Schneeglöckchen, Krokus, Weihnachtsglocke, Osterglocke, und eine Biene, vielleicht kann man davon auch ein Foto machen, hier ist sehr viel Holz“.

Eine vergleichbare Gruppe listet im Gespräch auf: „Schneeglöckchen (zur Anemone) „Krokus, Hyazinthe, Osterglöckchen, es gibt auch Sonnenblumen, gelbe Osterglocken“ (im Angesicht des gelben Windröschens) und erneut „Schneeglöckchen“ (beim Buschwindröschen)“. Zur anschließenden Namensnennung von Buschwindröschen durch die Lehrkraft wird kommentiert: „voll schwieriger Name“, es werden auch Aspekte von den Kindern genannt, die gar nicht Gesprächsgegenstand sind: „und die Bienen holen den Honig.“

Eine andere Kindergruppe nennt an derselben Stelle auf die Frage, was kennt ihr denn schon: „Butterblume, Bärlauch, Tulpe, Rose, Löwenzahn, Gänseblümchen, Mohnblume, Traubenhyazinthe, Fingerhut, Sonnenblume, Brombeeren, Himbeeren, Erdbeere, Kartoffel, Paprika, Gurke“. Eröffnet also ein Kind mit seiner Nennung (z. B. ---beere) einen Kontext, greifen die nachfolgenden Nennungen anderer Kinder diesen auf, bis zum nächsten Kontext (Gemüse). Auf das gelbe Windröschen angesprochen, improvisieren Kinder: „Butterblume, Raps“.

Die Nennungen weiterer Gruppen unterscheiden sich kaum. Einzelne Erstklässler:innen tragen nach wiederholtem Besuch am Lernort bei, dass wilde Tulpe und Lerchensporn „kein Bärlauch“ seien, ein Kind erkennt den Efeu, keines das Scharbockskraut. Bei einer Küchenzwiebel vermuten Erstklässler:innen als Inhaltsstoffe eher die Schärfe, „Flüchtigkeit“, aber kaum Zucker.

Zum Bärlauch tragen Kinder bei: „Meine Oma hat damit Pesto gemacht.“ „Was ist, wenn da irgendwelche Tiere dran sind?“, „Bärlauch riecht nach Knoblauch, das kann man essen.“ „Die Blattadern vom Bärlauch sind eher so längs, vom Aronstab unterschiedlich.“ Auch morphologische Beobachtungen spielen also eine Rolle. Mehrfach heisst es von Seiten der Kinder: „Ich habe Hunger!“

Ein Jahr später können alle Kinder der vorherigen Erstklässler:innen (nun Klasse 2) im Freien die richtige Pflanze pflücken, wenn es um den Bärlauch geht.

Klassenstufe 4

Eine Gruppe aus sechs Viertklässler:innen führte im Biotop der Frühjahrsgeophyten beispielsweise auf: „Gänseblümchen, Küchenzwiebel, Schneeglöckchen, Narzissen, Löwenzahn, Sauerampfer, Tulpe, Lauch aus der Küche“, eine andere Kleingruppe der Klasse 4 sagte: „Gänseblümchen, Tulpe, Primel, Butterblume, Rose, Osterglocke, Schafgarbe, Stinkender Storchschnabel, Ringelblume, Veilchen, Primel, Grünsilber, Kornblume, Blauregen, Maiglöckchen, Schneeglöckchen, Spitzwegerich“. Die Nennungen der verschiedenen Kinder sind also nahezu identisch.

Am häufigsten nennen die Kinder der Grundschulen der Klassenstufen 1-4 während der Lernaufenthalte also Schneeglöckchen, Maiglöckchen oder Krokus und Osterglocke.

Klassenstufe 5

Fünftklässler:innen einer Gemeinschaftsschule äussern sich ganz ähnlich: Wörtlich heisst es im blühenden Areal mit vielfältigen Frühjahrsgeophyten in einer Kleingruppe Ende März 2022: „Baum, Schneeglöckchen, Bärlauch, Löwenzahn, Osterglocke, ich weiss nicht, Lavendel, Maiglöckchen, Narzisse, Schneeglöckchen (im Angesicht der weissen Anemone), das Lilane, weisses Buschwindröschen“ Aronstab sowie gelbes Windröschen werden nicht namentlich angesprochen. Der Lerchensporn ist das Lilafarbene. Ein Kind nennt ihn „Lilaröschen“. (Der Name „Rose“ wird auch von Erwachsenen für zahlreiche grossblütige Pflanzen benutzt, Weideröschen, Alpenrose etc.)

Klassenstufe 6

Sechstklässler:innen, hier aus einer Gymnasialklasse, führen an Pflanzennamen auf: „Krokus, Maiglöckchen 2x, Schneeglöckchen, Honigblume, Butterblume, Bärlauch, Efeu“.

Diese Nennungen von Kindern der Orientierungsstufe sind in Umfang und Qualität denen der Grundschulkinder sehr ähnlich.

4.2.2 Ergebnisse der Posttests zum Artenwissen

Die Posttests werden den Lehrkräften an den Schulen etwa zwei Wochen nach dem Lernaufenthalt bereitgestellt und durch die Kinder in der Schule bearbeitet. In allen *Feedback*-Bögen (Posttests) für Schüler:innen wird auch nach dem Artenwissen gefragt. Natürlich sind diese dort nachgefragten Pflanzen oder Tiere zuvor Lerngegenstände der Stationen am Lernort. Dies betrifft nicht nur Frühjahrsgeophyten, sondern später im Jahr verschiedene Lippenblütler, Nachtschattengewächse oder Vögel.

Im Posttest werden die Kinder der Klasse 1 (n = 15) gebeten, ihre Lieblingspflanze im Lernort Garten zu malen und zusätzlich zu benennen. Die Erstklässler:innen zeichnen und benennen „Osterglöckchen, Bärlauch, Tulpen, Schneeglöckchen, Baum, Krokus, Hyazinthen.“ Hier haben nur drei Kinder die eigene Zeichnung nicht benannt. Die Osterglocke wächst vor Ort, ist aber nicht Gegenstand des Lernprozesses.

Tab. 3. Exemplarische Nennungen der Erstklässler:innen zur Frage: Welches war deine Lieblingspflanze im Garten? (zwei erste Klassen, n=39)

Von Kindern genannte Pflanzen, offene Nennungen	Zahl der Nennungen
Osterglocken	8
Tulpen	7
Radieschen	6
Bärlauch	4
Schneeglöckchen	2
Krokus	2
Bäume	2
Hyazinthe	1
Blaue Blume	1

Für die Viertklässler:innen (n = 16) lautet die Frage im Posttest: Welche Pflanzen blühen hier nur im Frühjahr, bevor sich das Blätterdach der Bäume entfaltet? So nennen Kinder der Klasse 4 in absteigender Häufigkeit: „Bärlauch, Krokus, Maiglöckchen, Schneeglöckchen, Traubenhyazinthe, Gänseblümchen, Butterblume, Klee, Osterglocke, Veilchen, Sonnenblume, Schnittlauch, Tulpen“.

Im Posttest nennen auch Viertklässler:innen also wieder die „Klassiker“ (vgl. Daten der teilnehmenden Beobachtungen), leicht erweitert um den Bärlauch (Bärlauch wurde während des Lernaufenthaltes draussen intensiv thematisiert. Er wurde verkostet, auf Inhaltsstoffe untersucht, selbst ausgegraben und gezeichnet).

Auf die Frage nach der Lieblingspflanze im Ökogarten zeichnen Kinder einer ersten Schulklasse im Posttest Radieschen und Bärlauch (beide Pflanzen wurden beim Lernaufenthalt verkostet und auf Zuckergehalt untersucht). Andere Schüler:innen zeichnen häufig die Osterglocke, aber auch Krokus, Schneeglöckchen oder Hyazinthen. Die Osterglocke wuchs zwar im Garten, war aber nicht Gegenstand des „Lernprozesses“. Und auch das Schneeglöckchen, die Hyazinthe und der Krokus waren weder blühend im Garten zu sehen, noch wurden sie thematisiert.

4.2.3 Lernprozesse zu Lippenblütlern und Sprachauffälligkeiten

Nach dem Verblühen der Geophyten sind andere Pflanzen im Fokus der Lernprozesse, z. B. Lippenblütler. Bei der Frage nach den Gewürzpflanzen, die in der Kräuterbutter verarbeitet wurden, können alle n= 25 Schüler:innen der Klassenstufe sechs den Thymian (eigentlich ein Strauch und kein Kraut) und den Schnittlauch benennen. Das Wort Thymian wird von Kindern unterschiedlicher Muttersprachen sehr verschieden geschrieben. Der Thymian wurde als Zutat zu einer Kräuterbutter beim Lernen draussen verwendet. Neben der Schreibweise als Thymian (16x) gab es auch „Thimia, Thymiean, tumyan, timyan, Thaymia, Tymiom, Thifmian“. Der Schnittlauch wiederum wird auch als „Schniedlauch“ oder als „Snidlauch“ bezeichnet. Auch er fand in der Kräuterbutter Verwendung. Der Rosmarin heisst auch „Grossmarin“.

Im Kontext von Kräutern und Tee gegen Husten wird Salbei mehrheitlich erinnert, auch von Zweitklässler:innen. *Einmalig* eröffnete Bezüge zum Thymian (Thymol wurde zur Konservierung von ägyptischen Mumien verwendet) können nicht reproduziert werden.

4.2.4 Ergebnisse zum Artenwissen im Sommer zu Nachtschattengewächsen

Die Ergebnisse des *Feedback*-Bogens der Schüler:innen der fünf **fünft**en Klassen (alle am gleichen Tag unterrichtet) zeigen, dass nur wenige Fragen von allen Befragten korrekt beantwortet werden, im Detail jedoch bemerkenswerte Lernstände zu verzeichnen sind. Wir schauen genauer auf die Antworten einzelner Lernender.

Betrachten wir beispielsweise eine Frage zu den vielfältigen Nachtschattengewächsen, mit Tomate, Aubergine, Stechapfel, Physalis, Paprika, Tollkirsche, Kartoffel und Schwarzem Nachtschatten, ist das Antwortverhalten differenziert. Der Stechapfel, die Physalis, die Tollkirsche, aber auch die Tomate werden hier nicht von allen Schüler:innen sicher erkannt. Der Posttest ist nicht farbig.

Wurden die Arten nicht intensiv genug wahrgenommen (alle waren live vor Ort) oder nur nicht erinnert? Alltagsrelevante Arten wie Auberginen (in welcher Schreibweise auch immer) oder Paprika können die befragten Kinder im Posttest zutreffend benennen. Stechapfel Früchte werden im Posttest häufiger als Kastanien oder Disteln bezeichnet (fünf fünfte Klassen, n=124). Auch die Abbildung der Tollkirsche wird nicht von allen Kindern im Posttest benannt.

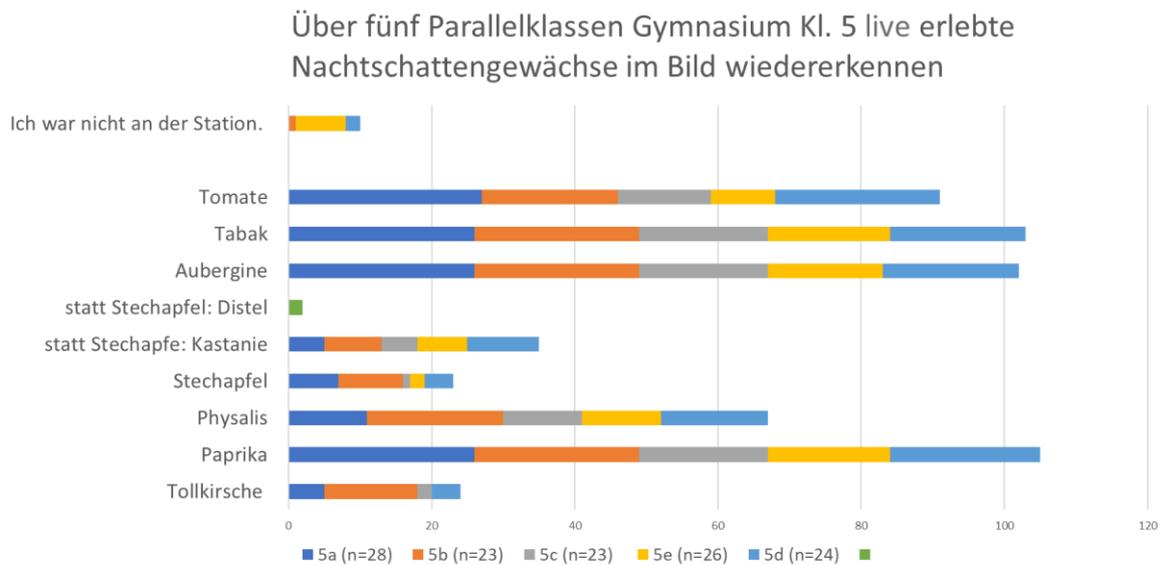


Abb. 4. Benennung von Nachtschattengewächsen im Posttest durch Fünftklässler:innen eines Gymnasiums

4.2.5 Ergebnisse zu Vogelarten

Ein Schwerpunkt des Erwerbs von Artenwissens sind heimische bzw. eingebürgerte Vogelarten.

Während der Unterrichte draussen werden hölzerne farbige Tiermodelle (z. B. von Eichelhäher oder Rotkehlchen) häufiger Arten ihren passenden Lebensräumen zugordnet. Es werden Spontanbeobachtungen dieser Arten ermöglicht, da alle diese Vögel im Lernraum real vorkommen. Zudem werden die Farben von Federn erforscht und Präparate einzelner heimischer Vogelarten betrachtet und erörtert.

In die Nennungen im Posttest werden von den Kindern Arten bzw. Formen integriert, die bereits zuvor bekannt waren, und nicht Gegenstand der konkreten *Outdoor*-Lernprozesse. So werden im Posttest von den Teilnehmenden u.a. Amsel, Elster, Uhu, Specht und Eule genannt.

Die Frage nach der blauen Farbe in den Federn des Eichelhähers wird im Posttest einer sechsten Klasse mehrheitlich korrekt beantwortet. 24 von 25 Kindern dieser sechsten Klasse erinnern das Blau der Federn vom Eichelhäher als Strukturfarbe, nur ein Kind macht keine Angaben. Vogelarten, die in Kontexten intensiv erforscht wurden, insbesondere zur Federfarbe, sind häufig in den Posttests genannt (offene Frage). Die Schreibweisen der Namen des Eichelhähers sind vielfältig: Eichelhäher ganz richtig (5x), „Eichelheher“ (3x), „Eichelhär“ (2x), „Eichelhehr“ (2x), „Eichelherr“ (2x), „Eichelbär“ (2x), aber auch Pfauen (geschrieben auch als „Pvau“; „Phau“; „Vau“) und Papageien werden im Posttest zu farbigen Vögeln assoziiert.

Tab. 4. Welche Vögel leben frei in unserer Stadt? Deskriptive Werte aus dem Posttest einer sechsten Klasse nach Lernaufenthalt *outdoor* bei n=25

	richtig erkannt, dass die Vögel vorkommen	richtig erkannt, dass sie nicht frei vorkommen
Stadtaube	23	
Gelbschnabelsturmtaucher		23
Graureiher	14	
Amsel	22	
Ringelgans		19
Blaukehlchen		13
Austernfischer		21
Eichelhäher	18	
Rotkehlchen	24	
Buchfink	17	
Graugans	14	

Tab. 5. Freie Nennungen der Vögel im Garten durch Erstklässler:innen im zweiten Posttest nach zwei Lernaufenthalten *outdoor* bei n=23.

Freie Nennungen	Zahl der Nennungen
Spatzen	9
Tauben	7
Raben	6
Spechte	2
Nachtigall	1
Wellensittich	1
Amsel	1
Störche	1
Papageien	1
Zwickervogel	1
Libellen	1

Tab. 6. Freie Nennungen der Vögel im Garten durch Drittklässler:innen im Posttest nach einem Lernaufenthalt *outdoor* bei n=16.

Freie Nennungen	Zahl der Nennungen
Eulen	6
Eichelhäher	6
Spechte	10
Elster	4
Uhu	8
Amsel	14
<i>Biene</i>	1
<i>Mücke</i>	1

In den Nennungen von Vögeln im Posttest tauchen auch Insekten auf. Häufig sind nur übergeordnete Taxa angesprochen, nicht immer auf Artniveau (Tauben, Specht, Eule), andere Nennungen beziehen sich auf noch häufige heimische Arten wie die Amsel.

4.3 Stoffkreisläufe verstehen

4.3.1 Stoffkreisläufe – Ergebnisse teilnehmender Beobachtungen und Posttests

Das Thema der Stoffkreisläufe ist gemäss der oben vorgestellten Konzeption der BNE *outdoor* mit dem Thema Biodiversität eng verknüpft.

Im Lernprozess selbst wird das Gespräch gesucht und die Kinderäusserungen (Klasse 1 oder 2) werden durch eine beobachtende Person notiert: Wie lange braucht so ein Blatt zum Kompostieren? „10 Tage“, vermutet ein Kind, „sechs oder sieben Monate“ ein anderes. Ein Kind formuliert: „Erde brauchen Pflanzen zum Wachsen. Wenn sie absterben und selber zur Erde werden, das ist ein Kreislauf der Natur.“ „Stimmt nicht, denn alles besteht aus Atomen, insistiert ein anderes Kind“. Was frisst so eine Assel? „Essensreste“. Wo wohnt der Regenwurm? „In der Erde“. Kinder unterstellen Ameisen eine Mitwirkung am Kompostierungsprozess: Wer frisst noch die Blätter, fragt die Lehrkraft: „Ameisen“, „Marienkäfer, Tausendfüsser“.

Klassen der Primarstufe im Anfangsunterricht (Klasse 1 oder 2) erhalten zum Reflektieren des Gelernten sowohl Fragen zu Stoffkreisläufen mit wenig Text, als auch *Multiple Choice* – Aufgaben mit Bildern (Abb. 5). Dabei ist zu berücksichtigen, dass viele der Kinder andere Muttersprachen haben als die deutsche Sprache.

Was gehört auf einen Komposthaufen? Diese Frage im Posttest können nicht alle Kinder sicher beantworten. So können sie in der *Multiple Choice* - Aufgabe die Obstreste, die welken Blumen und die Eierschalen nicht eindeutig dem Komposthaufen zuordnen.

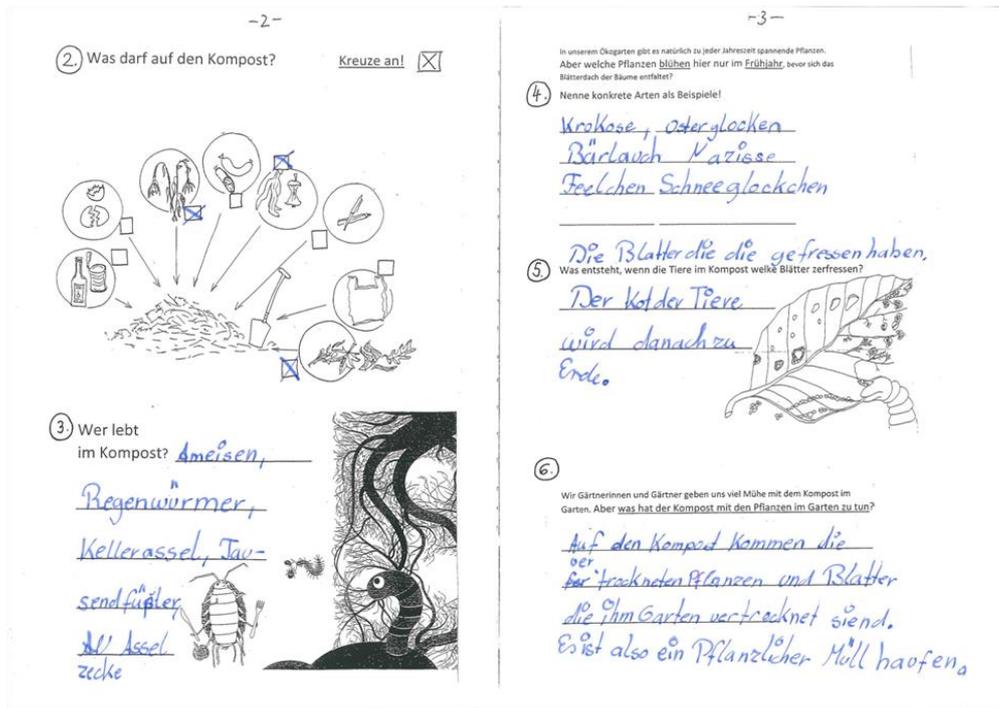


Abb. 5. Ausschnitt eines Posttests zu Kompost und Bodentieren

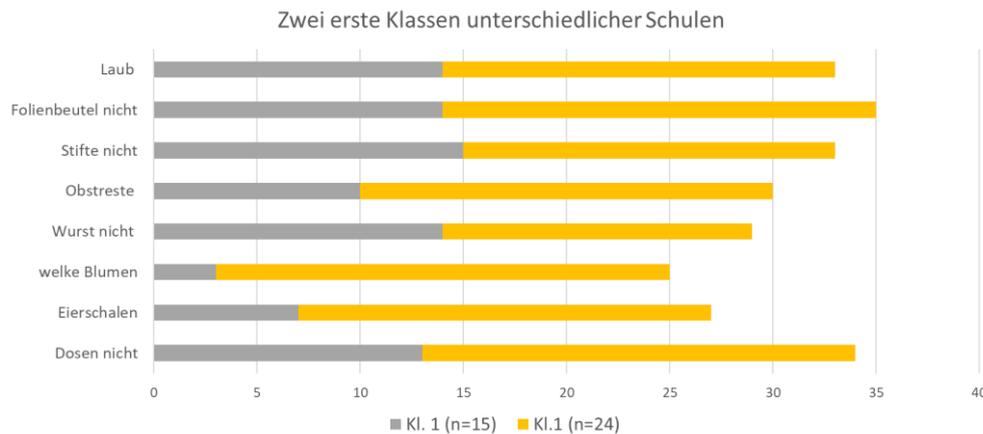


Abb. 6. Was gehört auf den Kompost? Posttests erster Klassen

Auch können mehrere Wochen nach dem Lernaufenthalt im Garten bei der schriftlichen Befragung nur noch wenige Kinder Tiere des Komposthaufens genau erinnern und nennen. Die Hälfte aller Erstklässler:innen nennt „Regenwurm“ und ein Drittel „Tausendfüßler“ im Posttest (offene Frage zu den Komposttieren), weitere Nennungen der Erstklässler:innen beim Posttest nach intensiver Arbeit mit Kompost während des Lernaufenthalts im Garten sind „Würmer, Kakerlaken, Käfer, Asseln, Kellerasseln, Stinkekäfer, Hundertfüßler, Schnecken, Maulwurf, Insekten, Raupen“, in absteigender Anzahl.

Zum Thema Stoffkreisläufe erhielten Schüler:innen der vierten bis sechsten Klassen (Grundschule bzw. Gymnasium) einander ähnliche Fragen im Feedback-Bogen nach Lernaufenthalten im Frühjahr 2022. Was hat der Kompost mit den Pflanzen im Garten zu tun? Auf die Frage können fast alle Schüler:innen richtige Antworten geben.

„Die Erde davon düngt den Boden“, formuliert ein Viertklässler, ein anderer Viertklässler:innen schreibt: „Der Kompost sind alte Pflanzenreste oder andere recycelbare Dinge die zersetzt sind, das ist übrigens der beste Dünger.“ Sechstklässler:innen formulieren beispielsweise: „Auf den Kompost kommen die vertrockneten Pflanzen und Blätter, die im Garten vertrocknet sind. Es ist also ein pflanzlicher Müllhaufen.“ Oder: „Kompost ist wie ein Dünger für die Pflanzen.“ „Der Kompost recycelt quasi Pflanzen- und Essensreste zu Erde.“ „Man kann mit dem Kompost Pflanzen düngen.“ Andere Kinder schreiben „nahrhaft, Tierwelt“. Die meisten Äußerungen der Gymnasialschüler:innen sind durchaus wortreich und ausführlich.

Lediglich bei der Kompostierbarkeit von Wurst und Eierschalen (Multiple Choice - Aufgabe, identisch zur Frage oben bei Klasse 1 und 2) offenbarten sich einzelne Unklarheiten, bis zur Klasse 6, bei den befragten Schüler:innen im Posttest.

Sechstklässler:innen des Gymnasiums erinnern ähnliche Arten und Tiergruppen wie Erstklässler:innen. Über 80 Prozent benennen Tausendfüßler und zwei Drittel der Lernenden führen Regenwürmer auf. Das Spektrum der Nennungen bei offener Fragestellung ist aber geringfügig breiter als bei den Grundschulkindern. Folgende Tiergruppen und Arten werden genannt: „Käfer, Kellerassel, Würmer, Asseln, Spinnen“, aber auch „Ameisen, Hundertfüßler, Mehlwürmer, Larven, Spinnentiere, Erdläufer, Springschwänze, Insekten, Krabbeltiere, Bakterien, Viren, Pflanzen und Fliegenlarven“.

4.3.2 Ergebnisse teilnehmender Beobachtungen zu Energiestoffwechsel und Energiespeicherung

In den Lerngesprächen vor Ort im Lehrgarten geht es um Fotosynthese und Nährstoffspeicherung, ohne diese Begriffe von Seiten der Lehrkraft (Hochschullehrende oder erfahrene Lehramtsstudierende) zu benutzen. Es wird gemeinsam zur Anwesenheit von Wasser und Zucker geforscht und nachgedacht.

Erstklässler:innen diskutieren: Wer hat den Zucker gemacht, wie ist der Zucker in die Zwiebel hineingekommen? „von den Nährstoffen, von Sonne, Wasser, Erde, und von Nährstoffen“, „vielleicht sind es die Nährstoffe“ (Klasse 1). Hier herrscht begriffliche Unklarheit.

Nach dem Ausgraben ganzer Bärlauch-Pflanzen vermuten Kinder im Angesicht der zuvor unterirdischen Teile: „Da sind die Wurzeln, da kommt das Wasser durch.“ Manche Kinder halten aber alle Pflanzenorgane unter der Erde für Wurzeln (dies entspricht einer historischen Sichtweise). So auch beim Bärlauch: Energie ist gespeichert „in den Wurzeln“ äussern Kinder (Klasse 5) beim Erforschen der Bärlauch-Zwiebel auf deren Zuckergehalt. Sie wissen aber auch: „Wenn man die schneidet, brennen die Augen.“ „Die blühen am Anfang vom Frühling.“ In der Bärlauch-Zwiebel ist fast kein Zucker mehr drin, „der hat sich aufgeteilt, die Pflanze benutzt den zum Wachsen“. Ein anderes Kind äussert: „Der wurde verbraucht.“

Das Wort Fotosynthese geht den Fünftklässler:innen locker über die Lippen. Aber selbst Erstklässler:innen erklären der Lehrkraft, nach halbquantitativem Glukosetest mit Teststreifen an der Bärlauch-Zwiebel, dass „der Bärlauch einen Teil der Energie selbst gegessen hat für das Wachstum der Blüte“. Die Zwiebel im Bärlauch enthält messbar weniger Glukose als Küchenzwiebeln oder Radieschen. Eine alternative Erklärung eines Kindes lautet aber: „ja, weil die abgepflückt wurde“. Das Vertrocknen scheint eine reale Gefahr für Pflanzen(teile) in den Augen der Kinder zu sein. Die Kinder wissen mehrheitlich: „Man kann die Zwiebel essen, die schmeckt lecker“. Andere Kinder meinen: „Der war zu scharf.“ „Es gibt Pflanzen, die sind viel dicker als die“, bemerkt ein Erstklässler:innen. Das ist zutreffend, denn Zwiebeln vom Bärlauch sind viel schlanker als Küchenzwiebeln.

Sechstklässler:innen diskutieren: Wofür braucht die Pflanze den Traubenzucker? „für Energie“, „zum Wachsen“. Sie können perfekt aus der Schule reproduzieren: „Pflanzen stellen in den Chloroplasten mit dem Blattgrün und aus Licht“ Zucker her. „Photosynthese war schon“ dran im Unterricht. „Die Pflanze produziert Traubenzucker und Stärke“. Analogieschlüsse zwischen Teststreifen und „Corona-Test“ werden mehrfach gezogen.

5 Diskussion

Warum machen wir uns die Mühe, zur Untersuchung der Lernstände die Äusserungen der Kinder zu konkreten Organismen in der Natur so genau aufzulisten? Unsere Ergebnisse zum Artenwissen der Schüler:innen zeigen leider, dass es zwischen den Lernständen der ersten Klassen und der sechsten Klassen kaum Unterschiede gibt. Warum bleiben die Lernenden im Hinblick auf Artenwissen nahezu auf demselben Lernstand, und dies in einer Lebensphase, wo sie für Artenwissen noch Interesse aufbringen (Elster, 2007)?

Im Frühjahr führen Befragungen nach Pflanzenarten verlässlich zu den Nennungen Osterglocke, Tulpe, Schneeglöckchen (Lindemann-Matthies 1999; 2002 a, b; Jäkel, 2014). Gänseblümchen, Sonnenblumen und Löwenzahn kennt jedes Kind (Jäkel, 2014), und auch bei Erwachsenen gehören diese Arten zu den Klassikern im Sommer. Wo sind die anderen noch verbliebenen heimischen Arten? Ihre Kenntnis schwindet ebenso schnell - wie die Arten auch zurückgehen (Jauguiberry et al., 2022). Bei Vögeln ist es vergleichbar: Amseln und Krähen oder Tauben sind bekannt. Andere heimische Arten entgehen der Wahrnehmung und sind namentlich unbekannt. Weiteres Artenwissen wird erst erworben bei wirklich gutem Unterricht und zahlreicher Wiederholung.

Warum kommt es nicht zu Verbesserungen dieser Defizite im Artenwissen (BMU & BfU, 2020), obwohl dieser Mangel lange bekannt ist und sich Hinweise zur Förderung des Interesses häufig wiederholen (Elster, 2007; Leske & Bögeholz, 2008; Jäkel, 1992, u.v.a.). Hierzu können wir nur vermuten. Wir orientieren beim Begriff Artenwissen nicht allein auf nominelles Artenwissen der Namen, sondern im Sinne von Blessing und Hutter (2004) und Hutter und Blessing (2010) auf Artenwissen als Kompetenz – zum Erhalten der Lebensgrundlagen dieser Organismen. Sind auch die Namen der Organismen nicht mehr bekannt, weil es an selbstverständlichen Erfahrungen beim alltäglichen Umgang mit ihnen fehlt?

Ist es aber allein die sogenannte Entfremdung von der Natur (Brämer, 2006)? Tessartz und Scheerso (2021, S. 264f.) vermuten, dass nicht nur bei jungen Menschen, sondern bei Lehrkräften selbst geringe Interessen an Pflanzen vorliegen und dass „es bereits im Schulunterricht zu einer Unterrepräsentation botanischer Inhalte“ komme (2021, S. 265). Un-

seres Erachtens fehlt es aber nicht nur an botanischem Wissen, das scheint unstrittig, sondern an Artenwissen allgemein, von Käfern bis zu Köcherfliegen. Das bezeugen auch die repräsentativen nationalen Naturbewusstseinsstudien (BMU & BfU, 2020) und fordern eine Verstärkung dieser Bildungsbereiche in der Schule.

Die organismische Biologie wird auch im universitären Lehramtsstudium nachrangig behandelt. Artenkenntnis ist für Naturschutz essentiell, für die Erfassung, Beobachtung und Bewertung der Artbestände. In der Naturbewusstseinsstudie ist von einem doppelten Artensterben die Rede – die Arten selbst sterben aus – und das Wissen über sie auch, es fehlt bereits jetzt der Nachwuchs an „Artenkennerinnen und Artenkennern“ (BMU & BfU, 2020, S. 38). Es geht nicht nur um das enge Interesse des Naturschutzes, sondern um das gesellschaftliche Naturbewusstsein. Dafür meinen wir, ist konkretes Artenwissen eben als Kompetenz erforderlich (Blessing & Hutter, 2004 und Hutter & Blessing 2010). Denn Biodiversität ist das Fundament, um auch die anspruchsvollen sozialen Ziele einer nachhaltigen Entwicklung erfüllen zu können (Steffen et al., 2015; Funke et al., 2016).

Für viele Menschen läuft ihre Beziehung zur Natur über ihre Beziehung zu bestimmten Tier- und Pflanzenarten (Cox, 2015). Für die Entstehung von Artenkenntnis wurden von Frobel und Schlumprecht (2016) vor allem die Motivation durch den eigenen Vater ermittelt und zwei relevante Altersphasen für den Beginn der Artenkenntnis identifiziert: „Früheinsteiger“ mit ca. 13,5 Jahren und „Spätbeginner“ mit ca. 22,5 Jahren.

Die beiden Gruppen „Früheinsteiger“ und „Spätbeginner“ (Beginn im Studium) führen das private Umfeld als entscheidenden Einfluss an. Ein frühes, direktes Erleben von Landschaft und Arten im reich strukturierten Umfeld des Wohnortes scheint für den Erwerb von Artenkenntnis massgebend zu sein. Jedoch nehmen Versiegelung und Zersiedelung der Landschaft in Deutschland täglich immer weiter zu, belegen Statistiken staatlicher Ämter in den Bundesländern und bundesweit. Das heisst, das Lernen direkt vor der Haustüre wird immer schwieriger realisierbar.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Friess (2023) in einer Retrospektivbefragung bei einem Grossteil ihrer Proband:innen mit Performanz im Bereich *Outdoor Education*. Auch hier werden handlungsaktive Lehrkräfte der *Outdoor Education* bereits in früher Jugend an Natur interessiert - durch nahestehende Menschen.

Die von den befragten ausgewiesenen Artenkennern (Frobel & Schlumprecht, 2016) dargestellten Gründe für die Wissenserosion bei Taxonomie sind: verändertes Freizeitverhalten von Jugendlichen, mangelndes natürliches Umfeld am Elternhaus, fehlende Artenkenntnis bei Lehrenden und fehlende Angebote der Hochschulen zur organismischen Biologie, nachrangig zur Molekularbiologie. „Es bestehen unzureichende Angebote für Bestimmungskurse an Hochschulen und geringe Möglichkeiten für naturschutzorientierte Abschlussarbeiten. Die Zahl im Naturschutz engagierter Lehrstuhlinhaber ist als Konsequenz der veränderten Ausrichtung von Hochschulen geschrumpft.“ (Frobel & Schlumprecht, 2016, S. 110).

Die Einschätzung von Frobel und Schlumprecht, dass die heutige Generation schulischer Lehrkräfte „eine zu niedrige Artenkenntnis“ besässe, ist von unterrichtlicher Relevanz. Häufig werden für den Unterricht bestenfalls Kulturpflanzen genutzt, die gekauft und mitgebracht werden. Aber das Schulgebäude wird im Unterricht selten erkundet oder gar verlassen, um Wildpflanzen und Wildtiere wahrzunehmen, da hat sich seit den Erkenntnissen von Hesse (2000) wenig geändert (von Au & Jucker, 2022).

Es ist daher spannend zu erforschen, welche Einflüsse Aspekte der biologischen Hochschulbildung für Lehrkräfte haben (Leonhard, 2008), und dies insbesondere beim Lernen *outdoor* (Klaes, 2016). Das so oft gehörte Argument, beim Lernen ausserhalb des Schulgebäudes könne sich die Lehrkraft in die Position einer Beobachter:in zurückziehen, ist eine unzulässige Vereinfachung, wenn es darum geht, draussen für die Lernenden Unterricht zu gestalten.

Daher gehen wir auf die Ausbildung des Professionswissens *outdoor* im Vergleich zu *indoor* sowie auf Natureinstellungen genauer ein.

Unsere Messungen zu Natureinstellungen sowie Faktoren des Professionswissens bei Lehramtsstudierenden der Biologie im Jahr 2022 zeigen (Tab. 2), dass die Natur im eigenen Garten höher geschätzt wird als vor der Pandemie 2019. Auch würden nach den Daten von 2022 mehr Lehramtsstudierende Naturschutzeinrichtungen unterschützen als vor der Pandemie. Jedoch sind die Werte der Wertschätzung von PCK für *Outdoor Teaching* und zum Faktor BNE etwas geringer als vor der Pandemie. All diese Unterschiede sind aber nicht signifikant.

Jedoch haben die Messwerte der Studien über mehrere Jahre gezeigt, dass in Lehrveranstaltungen jeweils nur ausgewählte Facetten der PCK trainiert werden, nicht mehrere zugleich. Bereits 2016 konnten wir zeigen (Friess et al., 2016): wer Gartenwissen erwirbt, stärkt nicht automatisch didaktische Qualitäten – und umgekehrt leider auch nicht.

Während Corona wandelten sich die Studienkulturen. Das an dieser Hochschule im Fach zuvor übliche Lernen mit Schüler:innen ist aus dem Fokus geraten. Es offenbart sich, dass Lehramtsstudierende eher auf das Management ihres eigenen Scheinerwerbs und zu wenig auf die Lernenden selbst ausgerichtet sind. Dies wird durch den Vergleich der Daten Lehramtsstudierender vor und während der Corona-Pandemie zu deren PCK untermauert.

Auch bei der Selbsteinschätzung des biologischen bzw. gärtnerischen Fachwissens sind nach der Corona-Pandemie die Werte nach zwei Jahren nicht erfolgter Praxis niedriger als zuvor. Fachwissen und Können 2022 sind noch niedriger als im Jahr 2019, das verwundert nicht und deckt sich mit den Beobachtungen durch Hochschullehrende.

Für eine erfolgreiche auf Organismen bezogene Bildung sowie für Bildung für nachhaltige Entwicklung müssen diagnostische Fähigkeiten entwickelt und Feedbackinstrumente passgenau zu den Lernprozessen der Kinder und Jugendlichen erstellt werden. Daraus leitet sich die Frage ab, ob dieser diagnostische Kompetenzbedarf im PCK -Modell bereits adäquat abgebildet ist, vom Umgang mit Hochbegabten bis zum Nachteilsausgleich bei anderen Förderbedürftigen. Denn „Diagnostizieren gilt als Voraussetzung, um Problemlösesituationen im Unterricht erfolgreich zu bewältigen“ (Kramer et al., 2020; Meyer-Odewald et al., 2021). Zudem ist die Führung von Unterricht *outdoor* besonders herausfordernd.

Inwieweit fließt diese Diagnose der Lernergebnisse in die Kompetenzentwicklung Lehramtsstudierender ein? Zumindest beim Artenwissen könnte es an diagnostischer Kompetenz mangeln, falls Lehrkräfte auch selbst nicht über das nötige Artenwissen verfügen. Bei physiologischen Aspekten sieht es vielleicht anders aus. Hier sind ja auch die Daten aus den Lernstandserhebungen der Kinder erfreulicher als beim Artenwissen, wo eigentlich zwischen Klasse 1 und 6 keine Unterschiede feststellbar sind.

Grundschul Kinder sind bei Stoffkreisläufen durchaus zu ernsthaften Diskussionen und Nachdenken bereit, ohne eine Fülle von Fachworten zu benutzen. Durch Schüler:innen der Orientierungsstufe wird bei der Diskussion von Stoffkreisläufen bereits differenzierteres Detailwissen reproduziert. Immer wieder kommen hier in den Kleingruppen spannende und anspruchsvolle Fragen von einzelnen Kindern zu Sprache, z. B. zu Tracheen, zur Verwendung von Holz, zu Borkenkäfern, zur Imkerei, zu Giftstoffen.

Die planetaren Belastungsgrenzen der Stoffkreisläufe des Stickstoffs und Phosphats sind nach Steffen et al. (2015) ja bereits überschritten. Auch Deutschland steht in der Kritik der EU wegen überschrittener Grenzwerte für Nitrat im Oberflächenwasser. Aber mit Kompetenzen des Fachwissens ist es nicht getan, Gestaltungskompetenz ist erforderlich zur Zukunftsbewältigung (Rost et al., 2003; Rost, 2006; De Haan & Gerhold, 2008). Ein Kernelement der handelbaren Stoffkreisläufe des Stickstoffs und Phosphats beim Lernen *outdoor* ist der Kompost im Garten. Er hilft, auf Torf zu verzichten und so die Moore und das Klima zu schützen. Der Kompost stand deshalb besonders im Fokus, verknüpft mit Organismenwissen. Das Spektrum der Nennungen von Komposttieren bei offener Fragestellung ist bei Sechstklässlern breiter als bei den Grundschulkindern, man findet genannt: „Käfer, Kellerassel, Würmer, Asseln, Spinnen“, aber auch „Ameisen, Hundertfüßler, Mehlwürmer, Larven, Spinnentiere, Erdläufer, Springschwänze, Insekten, Krabbeltiere, Bakterien, Viren, Pflanzen und Fliegenlarven“. Vermutlich werden Mehlwürmer aus dem Schulunterricht zu Käferlarven im Kompost assoziiert, auch wenn dort andere Käferarten nisten.

Anscheinend sind solche offenen Fragen zu Organismen im Kompost im Posttest durchaus für Kinder unterschiedlichen Alters geeignet. Jedoch haben Kinder mit anderer Muttersprache bisweilen Probleme. Wenn die Lernenden keine Worte für das jeweilige Lebewesen kennen, ist die Ansprache erschwert. Das gilt nicht nur für Pflanzen, sondern auch für Bodentiere und für Vögel.

Wir beobachten zudem häufig die Tendenz, bei unbekanntem Organismen (wie z. B. Buschwindröschen oder gelbe Anemone) auf geläufige Namen zurückzugreifen, z.B. Schneeglöckchen und Osterglocke. Das ist eine bereits lange bekannte Tendenz, bei Tieren wie bei Pflanzen. So heißen alle weißen Schmetterlinge bei Kindern Kohlweissling und Feuerwanzen heißen „Feuerkäfer“ (Jäkel, 1992). Bei Kindern ist also eine doppelte Sprachlosigkeit zu beobachten: Es fehlen die Worte und es fehlen wiederholte reflektierte Naturerfahrungen.

Hergesell (2022) konnte zeigen, dass die Strategie der Verwendung von *Key Vocabulary Words* eine Form des *Scaffolding* beim Draussen Lernen für Kinder sein kann, die eine andere Muttersprache haben, aber zugleich auch für Kinder mit deutscher Muttersprache. Es geht darum, die Vokabeln zu lernen und gedanklich an das richtige Objekt zu knüpfen. Lernkarten mit Verschriftlichungen von Artnamen flankieren das Handeln mit den Organismen. Dies erfordert auch häufige Wiederholung, „einmal ist keinmal“. Kinder wollen draussen jedoch selbst aktiv werden, weniger zuhören und Sprache üben. Durch die Lehrkraft inszenierte lebendige Kontexte bieten *outdoor* daher immer wieder auch Sprachanlässe.

Kleine Fortschritte des kontextorientierten Arbeitens zeigen sich in unseren Messwerten. Dass das Artenwissen zu Vögeln durch das Lernen zunimmt, trotz vieler Unsicherheiten, ist erfreulich, aber nicht verwunderlich bei der Dominanz zoologischer Interessen. Sobald der Lerngegenstand intensiv im Kontext dargestellt wird, fallen Behaltensergebnisse im Posttest positiv aus. Dies zeigt beispielsweise die Frage nach der blauen Farbe in den Federn des Eichelhäfers und die Frage nach den Gewürzpflanzen, die in der Kräuterbutter verarbeitet wurden. So können im Posttest dann alle Schüler:innen der Grundschule den Thymian und den Schnittlauch benennen. Auch bei einzelnen Pflanzen sind also Zuwächse zu verzeichnen, insbesondere beim essbaren „merk-würdigen“ Bärlauch.

Das Leitmotiv für den Erwerb von Expertise ist nach Frobel und Schlumprecht (2016, S. 111) die kindliche bzw. jugendliche „Lust am Entdecken“. Solche Bedingungen können auch ein artenreicher gut strukturierter Lernort wie ein Garten oder das *outdoor*-Gelände bieten.

Allgemein geringe kognitive Zuwächse bei Lernenden nach einmaligen Lernaufhalten an außerschulischen Lernorten zeigen deutlich: Wiederholung ist unumgänglich. Beiläufige Nennung von Organismennamen und Merkmalen präsender Tiere und Pflanzen vor Ort (z. B. Zilpzalp, Mönchsgrasmücke, Buchfink) reicht nicht. Die Notwendigkeit von deutlich mehr Wiederholung in frischen, motivierenden Kontexten kann nicht oft genug betont werden. Denn schon Vogt und Upmeyer (1998) zeigen bei Befragungen von Sechstklässlern nach Aspekten von Unterricht, die als interessant eingestuft werden, dass Wiederholungen, die als solche erkennbar sind, eben als nicht interessant eingeschätzt werden.

Die in vorliegender Studie eingesetzten *Feedback*-Bögen im Posttest verwenden daher stets neue Abbildungen im Vergleich zum Unterricht selbst, die Fragen sind als Rätsel formuliert. Jeder Posttest ist also zugleich auch wieder ein Lernanlass.

Da jeder Schulklasse am Lernort Garten ein bildungsplankonform zugeschnittenes Lernangebot unterbreitet wird, muss auf die Erstellung standardisierbarer Erhebungsinstrumente zum Posttest viel Entwicklungsarbeit aufgewandt werden. Die inhaltlich konkreten Zeichnungen und Texte der Lernenden im Posttest bieten jedoch bei qualitativ inhaltsanalytischer Auswertung beachtliche Impulse zur Reflexion der Lernsituationen (Abb. 5). Das Erstellen von Forscher:innenheften sowie *Feedback*-Bögen wird daher mit Lehramtsstudierenden ebenso trainiert, wie das Gestalten von

Lernsituationen selbst. So soll Reflexions- und Diagnosefähigkeit als Teil des Professionswissens entwickelt und geübt werden.

6 Fazit

Während die Beschreibung physiologischer Prozesse und Stoffkreisläufe bei Kindern der Orientierungsstufe unter Benutzung unterrichtlicher Fachsprache präziser verläuft, im Vergleich zur Grundschule, stagniert das Artenwissen. Dabei sind beide Facetten - Kenntnis der Biodiversität und Systemverständnis - essentiell für Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Vielen Kindern fehlen die Worte für Organismen, und vor allem fehlen reflektierte Naturerfahrungen mit diesen Organismen. Bei Kindern ist also eine doppelte Sprachlosigkeit zu beobachten.

Selbst die Kompetenzen vieler Lehrkräfte zum Umgang mit Arten sind begrenzt, die Selbsteinschätzungen beim PCK-Bogen haben diesen Eindruck leider bestätigt. Nun kommt es aber zu einem Teufelskreis: Friess (2023) kann an Retrospektivbefragungen zeigen, dass die Hochschulangebote an Lehramtsstudierende nur dann auf fruchtbaren Boden fallen, wenn diese bereits in ihrer eigenen Biographie für Naturverbundenheit begeistert wurden. Man muss intrinsisch motiviert sein, um sich den Widrigkeiten des Draussen-Lernens bewusst zu stellen und sich selbst weiter aktiv Fachwissen aneignen. Handlungsaktive Lehrkräfte mit Kindern in der Natur übertragen eigene erlebte Vorbilder, wissen aber um ihre begrenzte Einflussmöglichkeit.

Wichtig ist hier der Begriff der Verantwortungsattribution (Friess, 2023), den Lehrkräften ist ihre Verantwortung für kommende Generationen bewusst. Fachfremder Unterricht sollte vermieden werden.

Wenn also entweder frühes, direktes Erleben von Landschaft und Arten, oder aber das Studium (bei Späteinsteiger:innen) für den Erwerb von Artenkenntnis massgebend sind, muss das Studium mit in den Blick genommen werden. Um den Teufelskreis zu durchbrechen, muss universitäre Bildung von Lehrkräften dies mehr trainieren und stärker motivieren (Kiehne & Strehle, 2017; Jäkel, 2021).

Auch das Siebenschrittmodell von der Faszination zum Handeln (Berck & Klee, 1992) ist zu bedenken. Wiederholungen scheinen essentiell, auf allen Ebenen, im schulischen sowie im hochschulischen Bildungsprozess.

In Hochschulgärten wird Artenkenntnis trainiert (Lehnert et al., 2016; Jäkel, 2014), in verschiedenen Modulen. Die Artenkenntnis steht nicht isoliert (Blessing & Hutter, 2004), sondern in Kontexten, auch für Lehramtsstudierende - zur Steigerung der Interessiertheit. Artenwissen steht im Zusammenhang mit BNE und Stoffkreisläufen. So wird Gestaltungskompetenz (Rost, 2006; De Haan & Gerhold, 2008) angebahnt.

Im Hinblick auf reproduzierbares Fachwissen (*personal* PCK, Irmer et al., 2023) scheint nach vorliegenden Erhebungen im Jahr 2022 also zwischen *indoor* und *outdoor* keine Unterschiede zu geben, aber im Hinblick auf das Professionswissen zum Draussen-Lehren. Training ist erforderlich.

Professionalisierung im Sinne lebendiger und handlungsrelevanter BNE dauert lange und erfordert rekurrierende Treatments. Ohne Fachwissen keine BNE, aber auch nicht ohne Systemkompetenz und den Blick für komplexe Zusammenhänge. Eine Stärkung der *Feedback*-Kultur sowie der diagnostischen Kompetenz und Aufgabenentwicklung verhilft uns allen vermutlich zu realistischeren Erkenntnissen über erfolgreiche BNE.

Deshalb gehört zur Professionalisierung von Lehrkräften für die Bildung für nachhaltige Entwicklung in *Outdoor*-Kontexten der verstärkte Blick auf die Lernenden. Dazu sind spezifische Module an lehrerbildenden Universitäten und Hochschulen unverzichtbar, die solche Fähigkeiten in aufeinander aufbauenden Modulen entwickeln (z. B. Beywl, 2013; Meyer-Odewald et al., 2021).

Zur Diagnosekompetenz gehört die Entwicklung von geeigneten Aufgaben für Schüler:innen sowie deren Auswertung. Lehramtsstudierenden gelingt dies nur schwer. Die Ergebnisse der Untersuchungen legen den Schluss nahe, dass der Aspekt der Diagnosekompetenz als Teil fachdidaktischer Kompetenz weiterentwickelt werden muss. Hilfreich dazu sind Impulse inklusiver Modelle der Naturwissenschaftsdidaktik (Brauns & Abels, 2021), zum Beispiel konkret zur Elementarisierung von Stoffkreisläufen (Jäkel & Kiehne, 2022).

Wenn Hochschullehrende mit Lehramtsstudierenden gemeinsam üben, wie Lernen *outdoor* stattfinden kann und selbst mit Schulklassen trainieren, besteht die Hoffnung, dass eine grössere Zahl von angehenden Lehrkräften dies später im eigenen Unterricht umsetzt. Denn bisher erfolgt dies nur durch wenige Lehrkräfte, die selbst bereits früh für Natur interessiert wurden, oder im Studium motiviert wurden (Frobel & Schlumprecht, 2016; Friess, 2023). Wollen wir hier Stereotype durchbrechen, muss die gesellschaftliche Fokussierung auf planetare Belastungsgrenzen und insbesondere auf Biodiversität und Stoffströme verstärkt werden, so wie es beim Klimaschutz derzeit bereits beginnt.

Entscheidend für diese Aspekte der Förderung der Kompetenzen zum Umgang mit Biodiversität sowie schlicht auch des Artenwissens scheinen didaktisch geschickt gestaltete Wiederholung, im Schulunterricht ebenso wie im Hochschulstudium. Erkenntnisse quantitative Forschung (wie Blömeke et al., 2015) sollten stärker mit qualitativer „personalisierter“ Forschung verknüpft werden, um tatsächliche Lernzuwächse zu diagnostizieren.

7 Literatur

- Ament, W. (1901). *Die Entwicklung der Pflanzenkenntnis beim Kinde und bei Völkern*. Berlin: Verlag von Reuther & Reichard.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469-520.
- Beywl, W. (2013). Mit Taten zu Daten. Der Ansatz der unterrichtsintegrierten Selbstevaluation. *Journal für Schulentwicklung*, 17 (1), 7–14.
- Berck, K.-H., Klee, R. (1992). *Interesse an Tier- und Pflanzenarten und Handeln im Natur- und Umweltschutz*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Bethhäuser, B.A., Bach-Mortensen, A.M., & Engzell, P. (2023) A systematic review and meta-analysis of the evidence on learning during the COVID-19 pandemic. *Nature Human Behaviour*. <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01506-4>
- Blessing, K., & Hutter, C.-P. (2004). Umweltbildung und nachhaltige Entwicklung – Konzepte gegen die Wissenserosion in Sachen Natur. *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 57 (12), 670-673.
- Blömeke, S., König, J., Suhl, U., Hoth, J., & Döhrmann, M. (2015). Wie situationsbezogen ist die Kompetenz von Lehrkräften? Zur Generalisierbarkeit der Ergebnisse von videobasierten Performanztests. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61 (2015) 3, S. 310-327.
- BMU & BfN (Hrsg.) (2020). *Naturbewusstsein 2019. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt*. Berlin und Bonn: BMU, BfN.
- Bögeholz, S. (1999). *Qualitäten primärer Naturerfahrung und ihr Zusammenhang mit Umweltwissen und Umwelthandeln*. Opladen: Leske und Budrich.
- Bortz, J. & Döring, N. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer.
- Brämer, R. (2010). Nach Jahren der Naturpädagogik - Nachhaltige Naturentfremdung. *Wald und Holz: Waldpädagogik*, 04, 33-35.
- Brämer, R. (2006). *Natur obskur. Wie Jugendliche heute Natur erfahren*. München: Oekom Verlag.
- Brauns, S. & Abels, S. (2021). Die Anwendung naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden inklusiv gestalten – Naturwissenschaftsdidaktische Theorie und Empirie erweitern mit dem Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU). *ZfDN* 27, 231–249.
- Chowdhury, S., Zalucki, M. P., Hanson, J. O., Tiatragul, S., Green, D., Watson, J. E. M. & Fuller, R. A. (2023). Three quarters of insect species are insufficiently represented by protected areas. *One Earth*. DOI: 10.1016/j.oneear.2022.12.003 [https://www.cell.com/one-earth/fulltext/2590-3322\(22\)00631-5](https://www.cell.com/one-earth/fulltext/2590-3322(22)00631-5)
- Czernoch, A. (2008). Der alte Rangierbahnhof und die Selbstbestimmungstheorie der Motivation. In E. Gläser, L. Jäkel, H. Weidmann, Hrsg., *Sachunterricht planen und reflektieren* (4-18). Hohengehren, Schneider.
- Cox, D. & Gaston, K. (2015). Likeability of Garden Birds: Importance of Species Knowledge & Richness in Connecting People to Nature. *PLoS ONE*, 10 (11): e0141505. doi: 10.1371/journal.pone.014150
- De Haan, G. & Gerhold, L. (2008). Bildung für nachhaltige Entwicklung- Bildung für die Zukunft. Einführung in das Schwerpunktthema. *Umweltpsychologie*, 12, 4-8.
- Elster, D. (2007). Zum Interesse Jugendlicher an naturwissenschaftlichen Inhalten und Kontexten – Ergebnisse der ROSE-Erhebung. In H. Bayrhuber et. al., Hrsg., *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften*. Internationale Tagung der Fachgruppe Biologiedidaktik im VBIO (227-230). Essen.
- 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.
- Folke, C., R. Biggs, A. V. Norström, B. Reyers, & J. Rockström (2016). Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society*, 21(3):41. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08748-210341>
- Friess, S., Jäkel, L. & Kiehne, U. (2016). The effect of school garden activities on pre-service student teachers' attitudes to teaching biology outside the classroom. *ESERA Conference Karlstad* September.
- Friess, S. (2023). *Naturbezogene Bildung für nachhaltige Entwicklung: Eine Retrospektivbefragung zur Genese von Performanz von Lehrkräften im Bereich Outdoor Education*. Dissertation PH Heidelberg. <https://doi.org/10.60497/opus-1594>.
- Frobel, K. & Schlumprecht, H. (2016). Erosion der Artenkenner. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 48 (4) 105-113.
- Günther, J., Overbeck, A., Muster, S., Tempel, B., Schaal, S., Schaal, S., Kühner, E., & Otto, S. (2022). Outcome indicator development: Defining education for sustainable development outcomes for the individual level and connecting them to the SDGs. *Global environmental change*, 74(3):102526.
- Hattie, J. (2012). *Visible Learning for Teachers. Maximum impact on learning*. London, New York: Routledge. englische Version
- Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen*. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von „Visible Learning“ besorgt von W. Beywl und K. Zierer. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Helmke, A. (2022). *Unterrichtsqualität und Professionalisierung. Diagnostik von Lehr-Lern-Prozessen und evidenzbasierte Unterrichtsentwicklung*. Hannover: Kallmeyer, Klett.
- Helmke, A. & Lenke, G. (2013). Unterrichtsdiagnostik als Voraussetzung für Unterrichtsentwicklung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 31(2), 214–233.

- Hesse, M. (2000). Erinnerungen an die Schulzeit - Ein Rückblick auf den erlebten Biologieunterricht junger Erwachsener. *ZfDN*, 6, 187-201.
- Hesse, M. (2002). Eine neue Methode zur Überprüfung von Artenkenntnissen bei Schülern. Frühblüher: Benennen - Selbsteinschätzen - Wiedererkennen. *ZfDN*, 8, 53-66.
- Holstermann, N.; Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. Gender-Specific Interests of Adolescent Learners in Science Topics. *ZfDN*, 13, 71-86.
- Hutter, C.-P. & Blessing, K. (2010). *Artenwissen als Basis für Handlungskompetenz zur Erhaltung der Biodiversität*. Reihe: Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Bd. 49. Stuttgart: Hirzel-Verlag.
- Irmer, M.; Traub, D.; Böhm, M.; Förtsch, C.; Neuhaus, B.J. (2023). Using Video-Based Simulations to Foster pPCK/ePCK—New Thoughts on the Refined Consensus Model of PCK. *Educ. Sci.* 13, 261.
- Jäkel, L. (1992). Lernvoraussetzungen von Schülern in Bezug auf Sippenkenntnis. *Unterricht Biologie*, 172(2), 40–41.
- Jäkel, L. (1994). Zum Verhältnis von Alltag und Biologieunterricht – Erkennen an Phänomenen. In L. Jäkel; M. Schallies u.a., Hrsg., *Der Wandel vom Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften*. Band II (133-143). Weinheim: Deutscher Studienverlag.
- Jäkel, L. (1995). Formenkenntnisse im Beziehungsfeld von Alltag und Unterricht. In: J. Mayer, Hrsg., *Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde* (227-239). IPN Kiel.
- Jäkel, L. (2005). Alltagspflanzen im Fokus. Botanisches Lernen in Zusammenhängen – eine didaktische Herausforderung. *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule*, 54 (3), 15-22.
- Jäkel, L. (2014). Interest and Learning in Botany, as Influenced by Teaching Contexts, In C.P. Constantinou, N. Papadouris & Hadjigeorgios, Eds., *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research for Evidence-based Teaching and Coherence in Learning, Part 13* (co-ed. L. Avraamidou & M. Michelini), (pp.12) Nicosia, Cyprus: ESERA.
- Jäkel, L. (2015). Der Bildungswert der originalen Begegnung mit Natur in der ersten Phase der Lehrerbildung. In H.-J. Fischer, H. Giest & K. Michalik, Hrsg., *Bildung im und durch Sachunterricht* (151-158). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Jäkel, L. (2021). *Faszination der Vielfalt des Lebendigen. Didaktik des Draußen-Lernens*. Springer.
- Jäkel, L. & Schaer, A. (2004). Sind Namen nur Schall und Rauch? Wie sicher sind Pflanzenkenntnisse von Schülerinnen und Schülern? *IDB Münster*, 13, 1-24.
- Jäkel, L. & Schwarzt, I. (2009). Unterrichtsqualität und Kompetenzentwicklung am außerschulischen Lernort Garten. Posterpräsentation/ *Tagungsband Kiel: VBio Jahrestagung*.
- Jäkel, L., Kiehne, U., Friess, S., Hergesell, D. & Tempel, B. (2020a). Processes of Professionalization: Outdoor Teaching and Assessment of PCK. In: B. Puig, P. Blanco, M. Quilez, M. Grace, M., Hrsg., *Biology Education Research. Contemporary topics and directions. A selection of papers presented at the XIIth conference of European Researchers in Didactics of Biology 2018* (ERIDOB) (239-248). Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.
- Jäkel, L. et al. (2020b). Draußen Lernen in Garten und Natur - Entwicklung naturwissenschaftlicher Lehrkompetenzen für BNE. Forschen. Lehren. Lernen an öffentlichen Orten. Universität Münster. Tagungsvortrag 18. September 2019, Tagungsband: M. Stein, M. Jungwirth, N. Harsch & Y. Korflür (Hrsg.) (2020). *Forschen. Lernen. Lehren an öffentlichen Orten – The wider view. Tagungsband*. Münster: WTM-Verlag.
- Jäkel, L. & Kiehne, U. (2022). BNE als Herausforderung für alle - Klimaschutz und Erhalt der Biodiversität im Ökogarten. In J. von Au & R. Jucker, Hrsg., *Draußen-Lernen. Neue Forschungsergebnisse und Praxisblicke für eine BNE* (409-428). Bern: hep.
- Jahnke, K. (2011). *Mobile Umweltbildung in Deutschland. Analyse und Wirkung angewandter pädagogischer Konzepte im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Verlag. Dr. Kovač.
- Jaun-Holdererger, B.; Lehnert, H.-J. & Lindemann-Matthies, P. (2022). Knowledge and perception of common local wild plant and animal species by children and their teachers – a case study from Switzerland. *International Journal of Science Education*. DOI: 10.1080/09500693.2022.2076949
- Jaureguiberry, P.; Titeux, N.; Wiemers, M.; Bowler, D. E.; Coscieme, L.; Golden, A.; Guerra, C.; Jacob, U.; Takahashi, Y.; Settele, J.; Díaz, S.; Molnár, Z. & Purvis, A. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances*, <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abm9982>
- Kiehne, U. & Strehle, T. (Hrsg.) (2017). *Lehrerbildung im Kontext von forschendem Lernen, Inklusion und Interdisziplinarität. Experts in Education*. Qualitätspakt Lehre. Logos.
- Klaes, E. (2016). *Ausserschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht - Die Perspektive der Lehrkraft* (2. Aufl.). Berlin: Logos.
- Klafki, W. (1995). Zum Problem der Inhalte des Lehrens und Lernens in der Schule aus der Sicht kritisch-konstruktiver Didaktik. In S. Hopmann & K. Riquarts, Hrsg., *Didaktik und/oder Curriculum*. Grundprobleme einer international vergleichenden Didaktik. *Zeitschrift für Pädagogik*, Beiheft; 33, 91-102.
- Klafki, W. (1996). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. 5. Aufl., Beltz.
- Klingenberg, K. (2015). Prospective science teachers' attitudes towards and competencies in plant biology. *11th biannual ESERA-Conference*, Aug-Sept., Helsinki, Finland.
- Kramer, M., Förtsch, Ch. & Neuhaus, B. J. (2020). Steigern der Unterrichtsqualität – Förderung von Diagnosekompetenzen im Fach Biologie. In S. Habig, Ed., *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, 40, 210–213. Universität Duisburg-Essen.

- Kramer, M., Förtsch, C., Seidel, T. & Neuhaus, B. J. (2021). Comparing two constructs for describing and analyzing teachers' diagnostic processes. *Studies in Educational Evaluation*, 68, 100973. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100973>
- Kramer, M., Förtsch, Ch.; Boone, W.J.; Seidel, T.; Neuhaus, B.J. (2021). Investigating Pre-Service Biology Teachers' Diagnostic Competences: Relationships between Professional Knowledge, Diagnostic Activities, and Diagnostic Accuracy. *Educ. Sci.*, 11, 89. <https://doi.org/10.3390/educsci11030089>
- Kunter, M.; Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann.
- Lehnert, H.-J., Köhler, K. & Benkowitz, D. (2016). *Schulgärten. Anlegen, pflegen, nutzen*. Stuttgart: Ulmer.
- Leonhard, T. (2008). *Professionalisierung in der Lehrerbildung. Eine explorative Studie zur Entwicklung von Kompetenzen in der Lehrererstausbildung*. Berlin: Logos.
- Leske, S. & Bögeholz, S. (2008). Biologische Vielfalt regional und weltweit erhalten – Zur Bedeutung von Naturerfahrungen, Interesse an der Natur, Bewusstsein über deren Gefährdung und Verantwortung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 167-184.
- Lindemann-Matthies, P. (1999). *Children's Perception of Biodiversity in Everyday Life and their Preferences of Species*. Dissertation Universität Zürich.
- Lindemann-Matthies, P. (2002a). The Influence of an Educational Program on Children's Perception of Biodiversity. *The Journal of Environmental Education*, 33 (2), 22-31.
- Lindemann-Matthies, P. (2002b). Wahrnehmung biologischer Vielfalt im Siedlungsraum durch Schweizer Kinder. In: R. Klee, H. Bayrhuber, Hrsg., *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* Band 1 (117-130). Innsbruck: Studienverlag,
- Lindemann-Matthies, P. (2005). 'Loveable' mammals and 'lifeless' plants: how children's interest in common local organisms can be enhanced through observation of nature, *International Journal of Science Education*, 27, 655-677.
- Löwe, B. (1992). *Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie*. Weinheim: Dt. Studienverlag.
- Mayer, J. (Hrsg.) (1995). *Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde*. IPN: Kiel.
- Meyer-Oedewald, L., Horn, D. Meier, M., Wodzinski, R. & Ziepprecht, K. (2021). Kontrastieren und Vergleichen als Lehr-Lernmethode zur Förderung der Diagnosekompetenz in der Lehramtsausbildung, In M. Meier, C. Wulff & K. Ziepprecht, Hrsg., *Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung: Vom Lernort Natur über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zur Lehrprofessionalisierung* (155-175). Münster: Waxmann.
- Pfligersdorffer, G. (1991). *Die biologisch-ökologische Bildungssituation von Schulabgängern*. Salzburg. Abakus-Verlag.
- Probst, W. (2000). Hängt alles mit allem zusammen? Chancen und Risiken biologischer Bildung. *Biologie in der Schule* 49, (1), 1-5.
- Rädiker, S.; Kuckartz, U. (2012). Das Bewusstsein über biologische Vielfalt in Deutschland: Wissen, Einstellungen und Verhalten (Awareness of biological diversity in Germany: Knowledge, attitudes and behaviours). *Natur und Landschaft*, 87 (3), 109-113.
- Rost, J., Lauströer, A., & Rack, N. (2003). Kompetenzmodelle einer Bildung für Nachhaltigkeit. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 8, 10-15.
- Rost, J. (2006). Kompetenzstrukturen und Kompetenzmessung. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 8, 5-8.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-23.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*. 347, (6223).
- Tessartz, A. & Scheersoi, A. (2019). Pflanzen? Wen interessiert's? *Bildungsforschung*, 1, 1-22. doi:10.25656/01:19206
- Tessartz, A. & Scheersoi, A. (2021). Plant Blindness begegnen – Pflanzen sichtbar machen. In U. Gebhard, A. Lude, A. Möller & A. Mohrmann, Hrsg., *Naturerfahrung und Bildung* (263-282). Wiesbaden: Springer.
- Urhahne, D. (2006). Ich will Biologielehrer(-in) werden! – Berufswahlmotive von Lehramtsstudierenden der Biologie. *ZfDN* 12, 111-125.
- Vogt, H., Upmeyer zu Belzen, A., Schröer, T. & Hoek, I. (1999). Unterrichtliche Aspekte im Fach Biologie, durch die Unterricht aus Schülersicht als interessant erachtet wird. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5, 75-85.
- von Au, J. & Jucker, R. (Hrsg.) (2022). *Draussen-Lernen. Neue Forschungsergebnisse und Praxiseinblicke für eine BNE*. Bern: hep.
- von Körber, K. (2014). Fünf Dimensionen der Nachhaltigen Ernährung und weiterentwickelte Grundsätze – Ein Update. *Ernährung im Fokus* (9-10), 260-266.
- Weusmann, B. (2015). *Biologie- und Sachunterricht im Freiland: Überzeugungen zu einer wenig genutzten Unterrichtsform*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Wandersee, J. & Schussler, E. (2001). Toward a Theory of Plant Blindness. *Plant Science Bulletin* 47, 2-12.