

# Aufforstungsprojekte als Bürger\*innenwissenschaft in der Oberstufe im Kontext „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ (AProBOS BNE)

Projektbericht zur Entwicklung von Unterrichtsmaterialien  
für einen anwendungs- und methodenorientierten Unterricht

Christian Schweihofen<sup>1,5,\*</sup>, Tim Kirchhoff<sup>2,5</sup>,  
Christian Arkenau<sup>1</sup>, Holger Bekel<sup>1</sup>, Andreas Stockey<sup>1</sup>,  
Norbert Tennhoff<sup>3</sup> & Jesus de la Fuente Villar<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Versuchsschule Oberstufen-Kolleg Bielefeld

<sup>2</sup> Universität Bielefeld, Wissenschaftliche Einrichtung Oberstufen-Kolleg Bielefeld

<sup>3</sup> Zentrum für Wald und Holzwirtschaft beim Landesbetrieb  
Wald und Holz NRW (fachlich beratend)

<sup>4</sup> Escola de Capataces Forestais de Lourizan, Galizien (fachlich beratend)

<sup>5</sup> geteilte Erstautorenschaft

\* Kontakt: Versuchsschule Oberstufen-Kolleg Bielefeld,  
Universitätsstr. 23, 33615 Bielefeld  
christian.schweihofen@uni-bielefeld.de

**Zusammenfassung:** In diesem Beitrag stellen wir den angestrebten doppelten Nutzen unseres Projektes für Bildung und Biotope sowie erste Einblicke und einen Ausblick in die Arbeiten dar, zu denen wir Materialien entwickeln. Dies ist gleichsam ein Übersichtsbeitrag, der das Verständnis einzelner Materialbeiträge späterer Veröffentlichungen rahmen kann. Wir argumentieren zur Relevanz von Aufforstungsprojekten im naturwissenschaftlichen Unterricht der Oberstufe auf zwei Ebenen. Zunächst analysieren wir didaktisch denkend, warum der fachliche Inhalt des Aufforstens für eine oberstufengemäße Aufarbeitung besonders geeignet ist. Anschließend erläutern wir die Bedeutung von Bürger\*innenwissenschafts-Projekten (bzw. Citizen-Science-Projekten) zur Aufforstung für den (naturwissenschaftlichen) Unterricht in der Oberstufe. Im dritten Abschnitt stellen wir aus der Sachlogik von Aufforstungsprojekten fachliche und methodische Materialbausteine vor, mit denen Schulen den Einstieg in solche nachhaltigen Aufforstungsprojekte leichter finden können. Es folgen ein Ausblick auf Evaluationsstrategien zur Weiterentwicklung der Materialien und ein kurzer, hoffentlich einladender Einblick in die Ausweitung des Projekts AProBOS BNE zu einem informellen Netzwerk.

**Schlagwörter:** Bildung; Nachhaltige Entwicklung; Aufforstung; Praxisforschung; Unterrichtsmaterial



## English Information

**Title:** Reforestation Projects as Citizen Science in Upper Secondary School in the Context of “Education for Sustainable Development” (AProBOS BNE) – Project Report on the Development of Teaching Materials for Application- and Method-Oriented Instruction

**Abstract:** In this paper, we present the intended dual benefits of our project for education and for biotopes, as well as initial insights and an outlook into the work for which we are developing materials. This overview contribution also provides a frame for understanding individual material contributions in publications to follow. We argue for the relevance of inquiry projects in science education in upper secondary school on two levels. First, we analyze didactically why the subject matter of reforestation is particularly suitable for upper-level instruction. We then explain the relevance of citizen science projects on reforestation for (science) teaching at upper secondary level. Against the background of reforestation projects’ subject logic, we present subject-specific and methodological material modules in the third section, which can support schools in finding their way into such sustainable reforestation projects more easily. The paper closes with an outlook on evaluation strategies for further development of the materials and a short, hopefully inviting, insight into the expansion of the AProBOS BNE project into an informal network.

**Keywords:** education; sustainable development; reforestation; practical research; teaching materials

## 1 Relevanz des Themas „Aufforstung“

Die Relevanz von Aufforstungsprojekten im naturwissenschaftlichen Unterricht der Oberstufe ergibt sich auf zwei Ebenen. Zunächst analysieren wir didaktisch denkend, warum der fachliche Inhalt des Aufforstens für eine oberstufengemäße Aufarbeitung besonders geeignet ist. Anschließend erläutern wir die Bedeutung von Bürger\*innenwissenschafts-Projekten (bzw. Citizen-Science-Projekten) zur Aufforstung für den (naturwissenschaftlichen) Unterricht in der Oberstufe.

### 1.1 Didaktische Relevanz des fachlichen Inhalts

*„Bauern, Forstwirte, Architekten – Klimawandel bedeutet auch eine radikale Entwertung von Erfahrungswissen.“*

Ein dritter Punkt schließlich, der kaum jemandem klar ist – aber in seiner Tragweite kaum zu überschätzen: [...] Wir gehen (bewusst oder unbewusst) davon aus, dass man aus der Vergangenheit ableiten kann, wie man sich sinnvollerweise heute und künftig verhalten sollte. Welche Pflanzen ein Landwirt anbaut, [...] wie und wo man ein Haus baut, wo eine Gesellschaft Städte ansiedelt [...] – all dies ist abgeleitet aus Gewohnheiten und aus Wissen, das häufig über Generationen oder gar Jahrhunderte gewachsen ist. Doch wenn sich das Klima deutlich verändert, dann passen Bauernregeln, Bauvorschriften und vieles andere nicht mehr. Klimawandel bedeutet deshalb auch eine radikale Entwertung menschlichen Erfahrungswissens.“ (Reimer & Staud, 2021, S. 15f.)

Das Thema „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (UNESCO, 2014, 2015) ist seit Jahren mehr oder weniger wirksam auf der schulischen Agenda (KMK, 2005a, 2005b; MSB NRW, 2019). Der Klimawandel ist seit Jahrzehnten ein im schulischen Kontext überwiegend akademisch thematisiertes Problem (Hößle, 2009). Nun haben Hitze-, Dürre- und Starkregenereignisse das Problem regionalisiert und spürbar gemacht. Zudem hat die Bewegung „Fridays for Future“ dazu geführt, dass der Handlungsdruck politisch nicht mehr ignoriert oder bagatellisiert werden kann (z.B. von Wehrden et al., 2019). Dies betrifft auch den Bereich der Wälder. Die aktuell trockenheißen Jahre als

mögliches Zeichen des Klimawandels verstärken für jedermann erkennbar die Problematik wenig stabiler, oft einseitig ertragsorientiert bewirtschafteter und wenig naturnaher Fichtenforste. Stark geschwächt können diese leicht vom Borkenkäfer befallen und zerstört werden. Aber auch forstwirtschaftlich stark genutzte und ausgelichtete Laubbaumareale werden zunehmend Opfer von heißen, trockenen und lichtintensiven Sommern (Weber, 2021). Zudem führen klassische Maßnahmen, wie das radikale Ausräumen der Flächen mit schwerem Gerät, die auf kleineren Flächen noch ökologisch aufzufangen sind, durch die aktuellen Größenordnungen von Flächen und Maschinen dazu, dass die Resilienz eines Ökosystems Wald drastisch gefährdet ist. Das heißt, dass ausgeräumte Flächen durch Beschattungsverlust und Temperaturerhöhung, durch Bodenverdichtung und Austrocknung sowie resultierende Wind- und (Stark-)Regenerosion und durch erhöhte Stickstoffeinträge aus den Verkehrs- und Industrieabgasen sich nur schwerlich von selbst wieder als Waldfläche regenerieren können und ggf. versteppen. Das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV NRW) hat dazu das „Waldbaukonzept“ aktualisiert (MULNV NRW, 2019) und ein „Wiederbewaldungskonzept [...] für eine nachhaltige Walderneuerung auf Kalamitätsflächen“ (MULNV NRW, 2020) herausgegeben.

In dieser Gemengelage gibt es eine Fülle von Initiativen, bei denen Unternehmen gerne auch mit Schulen – zumeist presswirksam – Aufforstungen von kleinen Teilflächen betreiben (Zeiger, 2021) oder Schulen von sich aus mit der Kommune kooperieren und sich für Aufforstungen engagieren. Unserer Einschätzung nach sind diese begrüßenswerten, punktuellen Maßnahmen grundsätzlich zu unterstützen. Jedoch werden sie einerseits ohne die notwendigen kontinuierlichen Pflegemaßnahmen dem Zweck des Wiederbewaldens ökologisch nicht gerecht, weil die gepflanzten Bäume sich nicht gegen Trockenheit, Hitze und vor allem Überwuchs durch Adlerfarn oder Brombeere durchsetzen werden und schlicht absterben. Andererseits verschenken punktuelle Maßnahmen große pädagogische (Handeln im Klimawandel) und wissenschaftspropädeutische Potenziale, wenn sie nicht kontinuierlich und dauerhaft dokumentiert und evaluiert werden, denn es geht teilweise auch um den Aufbau neuen Erfahrungswissens. Alle aktuellen forst- und waldwirtschaftlichen Maßnahmen, also auch die der Aufforstungen, stehen nämlich vor dem von Reimer und Staud (2021) im Eingangszitat dargestellten Problem: Niemand weiß, ob die aktuellen, Holozän-bezogenen erfahrungsbasierten Maßnahmen für das Anthropozän mit seinen bereits beobachtbaren, aber nur schwer kalkulierbaren systemischen Veränderungen weiter funktional sind.

Hier wird die besondere Verknüpfung zum Ansatz der Bürger\*innenwissenschafts-Projekte (im Folgenden Citizen-Science-Projekte<sup>1</sup>) deutlich. Relevante ökologische Datenerhebungen, zum Beispiel zum Insektensterben oder zur Populationsdynamik der Singvögel, erfolgen mittlerweile durch eine breite Beteiligung interessierter Bürger\*innen (z.B. Bonn et al., 2017; Bonney et al., 2009; Randler, 2021). Wir streben an, derartige Citizen-Science-Projekte zur Aufforstung in den Schulunterricht der Oberstufe zu integrieren, um den Schüler\*innen einen entsprechenden Kompetenzerwerb und Interessenszuwachs zu ermöglichen. In unseren praktischen Teilprojekten (für eine detaillierte Übersicht s. Online-Supplement 1) systematisieren wir drei unterschiedliche Typen von Aufforstungsaktivitäten, für die das Oberstufen-Kolleg und seine Partnerschulen, die sich seit der Initiierung bereits gefunden haben, Konzepte entwickeln:

1. Aktuell notwendig erscheinen *Wiederaufforstungen* auf solchen Flächen, auf denen durch sogenannte Kalamitäten (Schadereignisse wie Stürme, Trockenheit, Krankheitserreger (Insekten, Pilze u.ä.), die sich wechselseitig verstärken) ganze Waldbereiche absterben. Dies betrifft v.a. naturferne Fichtenreinbestände; allerdings drohen weitere drastische Ereignisse selbst für naturnahe Buchen-, Eschen- und Ahorn-

<sup>1</sup> Da wir einerseits eine bessere Lesbarkeit und andererseits ein Erasmus-Projekt zu diesem Bereich anstreben, bevorzugen wir hier den Anglizismus.

mischbestände. Sämtliche Wiederaufforstungen dieser Art folgen einer vorhergehenden massiven CO<sub>2</sub>-Freisetzung und können hier nur dazu verhelfen, im Zeitraum von Jahrzehnten wieder CO<sub>2</sub>-Speicherungen zu ermöglichen.

2. Manche Forstbetriebe setzen durch einen präventiven *Waldumbau* seit längerem darauf, die Anfälligkeit von altersgleichen Reinbeständen im Rahmen der nicht naturnahen Bewirtschaftungsform großflächiger Altersklassenforste (Anpflanzung, Wachstum, Durchforstung, Ernte durch Kahlschlag, Neuanpflanzung) durch das frühzeitige Einbringen jüngerer Bäume auch anderer Arten (Unterbau, Lichtthieb<sup>2</sup>, Naturverjüngung) zu reduzieren. Dies ist eine Form des Waldumbaus, der das Biotop lokal nicht vollständig zerstört und keinen anfälligen Wiederaufbau erfordert. Allerdings wird hier auch keine erhöhte CO<sub>2</sub>-Speicherung ermöglicht, aber immerhin erstrebt, die Speicherfähigkeit zu erhalten, bevor es zu einer Katastrophe kommt.
3. *Waldgründungen* sind demgegenüber Maßnahmen, die eine bisherige Nicht-Waldfläche, z.B. eine Brache oder eine Ackerfläche, in eine Waldfläche umwandeln. Aber auch das Pflanzen bzw. Ergänzen von Stadt- oder Alleebäumen sowie das Einrichten von Agroforstsystemen als besondere Form der Kombination aus Land- und Forstwirtschaft fallen in diese Rubrik. Durch derartige Maßnahmen ergeben sich tatsächlich Möglichkeiten, neue CO<sub>2</sub>-Senken zu erschließen, was dann allerdings perspektivisch von der Nutzung der Bäume abhängt.

In diesen drei Bereichen von Aufforstungsaktivitäten werden praktische Beispiele und Ansätze für mögliche, praktisch relevante Untersuchungen im Rahmen von Aufforstungsmaßnahmen und deren Dokumentation entwickelt (s. Kap. 3: Beschreibung der geplanten Materialien).

## 1.2 Oberstufenbezogene Relevanz von Citizen-Science-Projekten zur Aufforstung

„Gibt es überhaupt noch wirklich neue didaktische Ansätze? Ist nicht alles, was an der Schule sinnvollerweise gemacht werden sollte, bereits einmal gesagt, aufgeschrieben und ausprobiert worden? Nein, nicht [sic] dass alle guten didaktischen Ansätze bereits zum Standardrepertoire unserer Schulen gehören. Davon sind wir meilenweit entfernt. Aber die Liste vielversprechender Ansätze ist lang und wartet nur darauf, konsequent in guten Unterricht umgesetzt zu werden.“ (Rost, 2002, S. 10)

Diesem Zitat folgend ist es das Anliegen der nachfolgend dargestellten Materialwerkstatt, einen essenziellen Material-Beitrag dazu zu leisten, dass die hier kurz genannten, allseits bekannten und viel gepriesenen didaktischen Ansätze und Konzepte in Unterrichtsprojekten, die sich inhaltlich einer nachhaltigen, naturnahen Wiederaufforstung widmen, synergistisch zusammenwirkend „konsequent in guten Unterricht umgesetzt [...] werden“ (Rost, 2002, S. 10):

- Wissenschaftspropädeutik, Scientific Literacy, Methodenorientierung, das hypothetisch-deduktive Verfahren der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung: Für den naturwissenschaftlichen Unterricht sind diese Aspekte wesentliche Bestandteile der von der Kultusministerkonferenz (KMK) definierten Kompetenzbereiche (vgl. KMK, 2005a, 2005b, 2005c, 2020).
- Bildung für nachhaltige Entwicklung, Partizipationsfähigkeit, Anwendungs- und Handlungsorientierung, d.h. Beschäftigung mit real existierenden gesellschaftlich-ökologischen Problemen und daraus resultierenden empirisch zu untersuchenden Fragestellungen (z.B. bereits de Haan, 1999, S. 269ff.; Scholz, 2011; UNESCO, 2014, 2015).

<sup>2</sup> Dies bezeichnet das dosierte Auflichten durch gezielte Fällungen (Einzelbaumentnahmen), um hinreichend Lichteinfall im Wald zu ermöglichen.

- Citizen Science im Themenspektrum von Environmental Literacy, gesellschaftlicher Relevanz ökologischer Themen und evidenzbasierten politischen Entscheidungen (Bonn et al., 2017; Leopoldina, 2021).

Für eine konsequente unterrichtliche Umsetzung dieser Aspekte ist es von großer Bedeutung, vielleicht sogar zwingend notwendig, dass der Mut zu einem konsequent exemplarischen und methodenorientierten Unterricht vorhanden ist und dieser nicht durch die Forderung nach der strikten wortgetreuen Exekution langer Listen von Inhalten und Kompetenzerwartungen in fachspezifischen Kernlehrplänen erstickt wird. Das synergetische Zusammenwirken der Punkte erfolgt bei der Behandlung des Themas „Nachhaltige und naturnahe Wiederaufforstung und seine Bedeutung für zukunftsweisende Gesellschaftsentwicklung im Kontext des zu erwartenden Klimawandels“ in einer problem- und methodenorientierten Betrachtung.

Naturwissenschaftliche Forschungsmethoden kennenzulernen, hat selbst im Hochschulstudium den Charakter von technischen Einweisungen, von Reproduktion klassischer Methoden und von zeitlich gerafften Lehrgängen. Das eigentliche „Forschen“ lehrt die Hochschule in der Regel erst in den Performanzsituationen von Qualifizierungsarbeiten und -projekten, also quasi nach dem Studium. In der Schule, wo die Kernlehrpläne einen erheblichen Druck auf der Ebene des inhaltlichen Stoffinputs ausüben, gilt dieses noch verschärft. Lehrkräfte nutzen für praktische Arbeiten im Unterricht meist eine „rezeptartige“ Anweisung, welche von ihren Schüler\*innen technisch ausgeführt wird, um möglichst erfolgreich in einer Schulstunde zu experimentieren und die im Lehrplan definierten Inhalte und Kompetenzen zu vermitteln (Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reiss, 2012).

Diese methodisch-didaktische Problematik ist eingebettet in das Konstruktionsparadox funktional differenzierter Gesellschaften. Die Wissenschaft selbst hat gegenüber der industrienahen Drittmittelforschung zumindest als Grundlagenforschung das Problem, ihr Wissen dort, nämlich im Wissenschaftssystem, zu erzeugen, wo es nicht gebraucht wird. Schule wiederum als Lernort für die Vorbereitung und Anbahnung wissenschaftspropädeutischer Kompetenzen ist also üblicherweise doppelt abgeschottet gegen das Einüben und Entwickeln sinnvoller Erkenntnisgewinnung.

Der Stoff und die Methoden sind zudem in der Regel nicht mehr so neu und aktuell, nachdem sie durch die Entwicklungszyklen von Kernlehrplänen und Implementationen gegangen sind.<sup>3</sup> Zudem sind Schulen derart stark aus der gesellschaftlichen Realität ausgelagert, dass es normalerweise jenseits des Bedarfs von qualifizierten und bewerteten

<sup>3</sup> Raum für das Aufgreifen aktueller Ereignisse, Erkenntnisse, Phänomene oder Entwicklungen, wie sie in den letzten Dürre- und Hitzejahren gegeben waren, ist in der Stofffülle der Kernlehrpläne nicht explizit vorgesehen. Die dort z.T. eingeräumten hypothetischen Freiräume verdampfen in der schulischen Realität. Eine signifikante Reduktion von sogenannten Kompetenzerwartungen, die durch die „inhaltsbezogene“ Fixierung auf fachliche Gegenstände im Konstrukt der „Inhaltsfelder“ das Dogma einer Outputsteuerung im Bildungswesen konterkarieren, hätte bei der Angleichung der Kernlehrpläne für den bundesweit bereitgestellten Aufgabenpool zentraler Abschlussprüfungen bestanden. Der „Kern“ der biologischen Bildung schien in unterschiedlichen Bundesländern ein jeweils anderer. Es wäre also denkbar gewesen, in einer transparenten, breit geführten Debatte mit Einbezug von Fachleuten und Praktiker\*innen den kleinsten gemeinsamen Nenner dieser verschiedenen Kerne zu suchen, um den tatsächlichen Kern der fachlichen Bildung zu erschließen. Vergleicht man demgegenüber die Ergebnisse für Nordrhein-Westfalen, so mussten die schulinternen Beispiellehrpläne 2014 noch 133 Netto-Wochenstunden für die Q1 und Q2 festlegen/vorhalten (www.schulentwicklung.nrw.de, 2014), während es 2022/23 bereits 152 Wochenstunden sind (schulentwicklung.nrw.de, 2022). Der Kern wird also erheblich größer; der eher „theoretische“ Freiraum wird dadurch noch weiter eingeschränkt. Kompetenzorientiertes Lernen mit seinem notwendigen Schwerpunkt auf Üben, Anwenden und Transferieren wird zunehmend erschwert. Systemzeiten in der Eigenlogik justitierbarer Abschlussvergabe, wie z.B. die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Klausuren, sowie das verbindlich geforderte explizite Vermitteln und Vorbereiten auf vorgeschriebene Überprüfungsformen mit ihren teils sehr komplexen Handlungsstrukturen, Feiertage, Exkursionen o.ä. werden nicht erkennbar eingerechnet. Die Neigung von Schulgemeinschaften, Unterrichtszeit in Projektphasen zu investieren, ist unter diesen Bedingungen faktisch nicht weit verbreitet.

Absolvent\*innen kein gesellschaftliches Nutzungsinteresse an dem gibt, was in Schule prozessiert und produziert<sup>4</sup> wird.

Das Entwickeln von Fragestellungen, das Entwerfen von überprüfbaren Hypothesen und die eigenständige Planung und Durchführung von Versuchen, um das Wesen naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse zu erleben und einzuüben, kann maximal exemplarisch erfolgen und bleibt die Ausnahme statt die Regel.

Im Rahmen unseres Citizen-Science-Ansatzes zur Planung, Durchführung, Auswertung und Dokumentation von konkreten, standortspezifischen Aufforstungsprojekten in enger Kooperation mit Waldbesitzenden und Forstaufsicht, die in den sogenannten „Waldpartnerschaften“ eine organisatorische Vernetzung eingehen, sollen Schüler\*innen Möglichkeiten erhalten, in einen gesellschaftlich-politisch relevanten Erkenntnisprozess eingebunden zu werden und das Erkenntnisinteresse der beteiligten Personen regelmäßig zu erleben. Insbesondere vor dem Hintergrund der These, dass der Klimawandel bisheriges, auch empirisch-wissenschaftliches Erfahrungswissen weitgehend wertlos erscheinen lässt (Reimer & Staud, 2021), gewinnt die systematische, lokale Begleitforschung, unterstützt durch Bürger\*innen (bzw. Schüler\*innen), signifikant an Bedeutung. In dem hier verfolgten Ansatz steckt also eine erhebliche gesellschaftliche, pädagogische und wissenschaftspropädeutische Relevanz, exemplarisch die ökologischen Grundlagen für die eigene Zukunft lokal und mit den eigenen Händen zu gestalten und diesen Prozess empirisch zu begleiten.

Allerdings bietet sich nach den Rückmeldungen auf Lehrkräftefortbildungen zum Thema unter den derzeitigen Bedingungen und Strukturen im Regelschulsystem in Nordrhein-Westfalen (NRW) hierfür wohl vor allem ein Projektkurs an. Er baut auf dem fachlichen Lernen des an den Kernlehrplan gebundenen Referenzkurses auf, kann es aber spezifisch ausweiten. Und in zeitlicher Hinsicht sieht er eine explizite Forschungs- und Projektarbeitsphase explizit vor. Leider sind Projektkurse entgegen ihrer pädagogischen und wissenschaftspropädeutischen Bedeutung eher eine Ausnahmesituation schulischen Lernens.

Das Problem ist jedoch, dass es für solche langfristigen, stark vernetzten und hochkomplexen Projekte und Projektkurse noch keine themenspezifisch ausgearbeiteten Materialien gibt. Dieses Desiderat wollen wir in dieser Materialwerkstatt<sup>5</sup> aufgreifen: Es sollen Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Oberstufe entwickelt und erprobt werden, mit denen Schüler\*innen exemplarisch an Aufforstungsprojekten und einer hiermit verbundenen Erkenntnisgewinnung teilhaben können.

## 2 Theoretische und didaktische Einordnung

Aufgrund der Bedeutung für den Natur- und Umweltschutz wird *Citizen Science* (Bürger\*innenwissenschaft; vgl. Bonn et al., 2017) als ein wichtiger Trend des 21. Jahrhunderts angesehen (Bonney et al., 2009; Randler, 2021). Das Projekt *Bürger schaffen Wissen – Wissen schafft Bürger* (GEWISS) legt seiner *Citizen Science Strategie 2020 Deutschland* die folgende Definition von Citizen Science zugrunde:

„Citizen Science umfasst die aktive Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern in verschiedenen Phasen des Forschungsprozesses in den Geistes-, Natur- und Sozialwissenschaften. Die Beteiligung reicht von der Generierung von Fragestellungen, der Entwicklung eines Forschungsprojekts über Datenerhebung und wissenschaftliche Auswertung bis hin zur Kommunikation der Forschungsergebnisse. Dabei kann sich die Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und institutionell ungebundenen Personen sehr unterschiedlich gestalten, von völlig eigeninitiierten ‚freien‘ Projekten über eine transdisziplinär organisierte

<sup>4</sup> Entsprechend scheint das Investment gesehen zu werden.

<sup>5</sup> Eine Materialwerkstatt bezeichnet eine Form von Forschungs- und Entwicklungsprojekten am Oberstufen-Kolleg, welche sich an einem gleichnamigen Modell zur Erarbeitung von schulischen und hochschuldidaktischen Materialien orientiert (vgl. Schweitzer et al., 2019).

Zusammenarbeit bis hin zur Anleitung durch wissenschaftliche Einrichtungen. Gemeinsames Ziel aller Citizen-Science-Projekte ist das Schaffen neuen Wissens. Hierbei wird an Forschungsfragen gearbeitet, deren Beantwortung ein[en] Erkenntnisgewinn für die Wissenschaft sowie oft auch für Praxis und Politik mit sich bringt.“ (Bonn et al., 2017, S. 13)

Demnach wird als Citizen Science die aktive Beteiligung von nicht hauptberuflich forschenden Bürger\*innen in Forschungsprojekten mit dem Ziel, einen Beitrag zum wissenschaftlich, gesellschaftlich oder politisch relevanten Erkenntnisgewinn zu leisten, beschrieben. Hierbei partizipieren die Teilnehmenden in unterschiedlicher Art und Weise an verschiedenen Phasen eines Forschungsprozesses (Bonn et al., 2017). Die an Citizen-Science-Projekten Teilnehmenden werden ihrerseits ein Teil von „echten“ wissenschaftlichen Untersuchungen und erwerben durch ihre Teilnahme Kenntnisse in Bereichen naturwissenschaftlicher Kompetenzen (s. KMK, 2005a, 2005b, 2020), zum Beispiel über die spezifische Forschungsfrage und die angewandten Methoden zur (naturwissenschaftlichen) Erkenntnisgewinnung (Bonney et al., 2009; Randler, 2021).

Ein wesentliches Merkmal von Citizen Science ist die Partizipation an Forschungsprozessen. In den Naturwissenschaften orientieren sich diese an der Logik des *naturwissenschaftlichen Wegs der Erkenntnisgewinnung*, also einem hypothetisch-deduktiven Problemlöseprozess (Bruckermann et al., 2017). Hierbei wird ausgehend von einem beobachteten Phänomen oder Problem eine Fragestellung formuliert und werden Hypothesen deduktiv abgeleitet. Diese werden anschließend überprüft, indem eine entsprechende Untersuchung geplant, durchgeführt, ausgewertet und interpretiert wird (Bruckermann et al., 2017; Hammann, 2007; Klahr, 2000; Klahr & Dunbar, 1988; Mayer, 2018; Stiller et al., 2020; Wellnitz & Mayer, 2013). Die Ergebnisse werden anschließend dokumentiert, präsentiert und transferiert (Bruckermann et al., 2017). Hieraus ergeben sich häufig neue Phänomene, Probleme und Fragestellungen, sodass sich diese Teilschritte zyklisch anordnen (Mayer & Ziemek, 2006; Stiller et al., 2020).

Analysiert man die Anforderungsstrukturen der für die Beteiligung an Citizen Science notwendigen Fähigkeiten in einem Abgleich mit den Kernlehrplänen Biologie NRW von 2022, so erkennt man sehr große Überschneidungen zu den verbindlichen Überprüfungsformen im Rahmen der Leistungserbringung (MSB NRW, 2022a). Diese sind im Kernlehrplan Biologie von 2014 noch detaillierter aufgeschlüsselt (MSB NRW, 2014) und zeigen, dass die Beteiligung an der Planung, Durchführung und Auswertung der Aufforstungsmaßnahmen ein ideales, komplexes und situationsnahes Lernfeld bietet, um oberstufengemäße Formen des Lernens und Leistens zu gestalten.

Citizen-Science-Projekte könnten in diesem Sinne einen Beitrag zu *Forschendem Lernen* bzw. *Forschungsorientiertem Lernen* leisten. Forschendes Lernen stellt den Anspruch gegenüber den Lernenden, einen kompletten Forschungsprozess in seinen wesentlichen Phasen eigenständig zu durchlaufen und aktiv hieran teilzuhaben, d.h., diesen „(mit)[zu]gestalten, [zu] erfahren und [zu] reflektieren“ (Huber, 2014, S. 25). Lernende können beispielsweise eigene Ideen für Forschungsprojekte, deren Gestaltung und Durchführung einbringen (Stiller, 2019). Währenddessen werden die Lernenden durch ihre Lehrenden betreut und unterstützt (Stiller, 2019). Neben Forschendem Lernen spricht Huber (2014) von Forschungsorientiertem Lernen.<sup>6</sup> Dies zielt darauf ab, Lernende auf eigene Forschung vorzubereiten, d.h., sie „möglichst rasch, zur aktuellen Forschung hin[zu]führen, an sie heran[zu]führen oder sie auf einen Stand [zu] bringen, auf dem sie selbst zu forschen beginnen könnten“ (Huber, 2014, S. 24). Bei Forschungsori-

<sup>6</sup> Neben Forschendem Lernen und Forschungsorientiertem Lernen führt Huber (2014) Forschungsbasiertes Lernen an. Forschungsbasiertes Lernen gründet auf (aktueller) Forschung und behandelt deren Ausgangslage (Huber, 2014). Nach Huber und Reimann (2019) liegt beim Forschungsbasierten Lernen der Lernfokus auf dem Verstehen von Forschung. In den Aufforstungsprojekten soll dieser stärker auf dem Üben (Forschungsorientiertes Lernen) und ggf. „Selber-Forschen“ (Forschendes Lernen; Huber & Reinmann, 2019, S. 95) liegen.

entiertem Lernen können vorherige Schritte des Forschungsprozesses von den Lernenden nachvollzogen werden und müssen nicht, wie beim Forschenden Lernen, von ihnen durchlaufen oder miterlebt worden sein.

Für die Hochschullehre sowie für den schulischen Unterricht haben sich Forderungen nach Forschendem Lernen und Forschungsorientiertem Lernen als eine zentrale Lehr-Lernmethode etabliert (Bruckermann et al., 2017; Fichten, 2010; Heinrich & Klewin, 2018; Hinzke, 2019; Hodson, 2014; Reitinger, 2013; Stiller, 2019). In der unterrichtlichen Praxis zeigt sich jedoch, dass Lehrende beim praktischen Arbeiten, z.B. Untersuchen oder Experimentieren, oft „rezeptartige“ Vorgehensweisen implementieren, ohne diese (kritisch) zu reflektieren, um zu gewährleisten, dass die Lernenden die Tätigkeiten innerhalb einer Schulstunde „erfolgreich“ erledigen können (Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reiss, 2012; Hodson, 2014). Beispielsweise bearbeiten die Lernenden vorgegebene Probleme oder Fragestellungen, indem sie eine vorstrukturierte Untersuchung durchführen, die Ergebnisse liefert, welche für Dritte nicht oder nur wenig von Interesse sind (Stiller, 2019). Eine solche unterrichtliche Umsetzung ermöglicht Lernenden jedoch – wenn überhaupt – nur bedingt einen authentischen und selbstständigen Forschungsprozess im Sinne Forschenden Lernens (Reitinger, 2013), eher im Sinne Forschungsorientierten Lernens (vgl. Huber & Reinmann, 2019).

Im Vergleich zu der beschriebenen unterrichtlichen Praxis könnte sich durch in den Unterricht eingebundene Citizen-Science-Projekte ein bedeutsamer Mehrwert für den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen (s. KMK, 2005a, 2005b, 2020) in einem wissenschaftspropädeutischen naturwissenschaftlichen Unterricht, der an Forschendem Lernen oder Forschungsorientiertem Lernen orientiert ist, ergeben. Mithilfe der Einbettung von praktischen Arbeiten in Citizen-Science-Projekte könnte es im naturwissenschaftlichen Unterricht gelingen, diese Aktivitäten und die hieraus gewonnenen Erkenntnisse der Lernenden als Lernprozesse in „echte“ Forschungsprozesse zu integrieren und anhand „echter“ Erkenntnisinteressen Dritter und gesellschaftlich-relevanter Themen (z.B. Aufforstung als Beitrag zum Klimaschutz) bedeutsam zu rahmen. Dies kann sich hinsichtlich kognitiver und affektiv-motivationaler Aspekte wiederum positiv auf Lernprozesse auswirken (z.B. Hofstein & Lunetta, 2004; Ryan & Deci, 2017).

Eine weitere, erkenntnistheoretische Differenzierung ergibt sich durch die Anlage der Untersuchungen „im Feld“. Eine labortechnische Experimentierweise liefert zwar kontrollierbarere Versuchsbedingungen, ist dafür aber in ihrer Anwendbarkeit und Aussagekraft in Bezug auf komplexe ökologische Realitäten in gegenläufiger Weise eingeschränkt (vgl. Abb. 1 auf der folgenden Seite). Diese Erkenntnislogik, in der sich „systematische Erhebungen mit Interventionen“ methodisch zwischen abnehmender Kontrollierbarkeit der Bedingungen und zunehmender Realitätsnähe in einem Bereich zwischen klassischen (Schul-)Experimenten und zufälligen Beobachtungen verorten lassen, ist eine zu reflektierende Besonderheit von Aufforstungsprojekten als Citizen-Science-Projekten.

Inwieweit eine Metareflexion zum „Wesen der Biologie“ als Wissenschaft (Dittmer & Zabel, 2019) unter dem Zeitdruck dichter Kernlehrpläne fundiert und effektiv stattfinden kann, ist eine spannende Frage. Die langfristig angelegten Untersuchungen bieten einerseits zumindest einen guten Vergleichsansatz, um im Vergleich zu Kursraum-Experimenten aus den Basiskursen Naturwissenschaft des Oberstufen-Kollegs aus den Unterschieden und Gemeinsamkeiten die Prinzipien der Erkenntnisgewinnung zu beobachten. Andererseits ergibt sich aus der Langzeitanlage der systematischen Erhebungen, dass die Lernenden nur Ausschnitte des Prozesses aktiv mitgestalten können. Wer Baumarten vorschlägt, das Aussäen mit plant, vorgedachte Pflanzpläne umsetzt oder bei schon gepflanzten Bäumen Zuwachsraten misst, der muss einen erheblichen Teil der Tätigkeiten verstehen, durchdringen und mit Sinn füllen können. Dies gilt insbesondere im Oberstufen-Kolleg, weil kein Vorlauf aus der Sekundarstufe I in Bezug auf die Aufforstungen besteht. Hier liegt ein besonderer Schwerpunkt aller Projektgruppen darin, die eigenen



Arbeiten und Ergebnisse sachlich klar und kommunikativ verständlich zu fixieren, z.B. durch Erklärvideos, kleine Anleitungen oder Berichte, so dass nachfolgende Gruppen daran anknüpfen können. In dem Sinne gewinnt die Notwendigkeit von Anleitungen einen erheblichen Stellenwert, um eine Anwendung des Gelernten im Gelände oder bei der Auswertung zu ermöglichen. Folgt man Kirschner et al. (2006), dann ist eine gute Instruktion hilfreich, solange es später hinreichend Raum und sinnvolle Herausforderungen für Anwendungen des Gelernten gibt. Ebenso ist eine sorgfältig betriebene Datensammlung und -sicherung in den einzelnen Projektgruppen wichtig, damit auch andere Projektgruppen (z.B. des Oberstufen-Kollegs) darauf zurückgreifen können oder die Daten in größere, externe (Aufforstungs-)Projekte eingehen können.

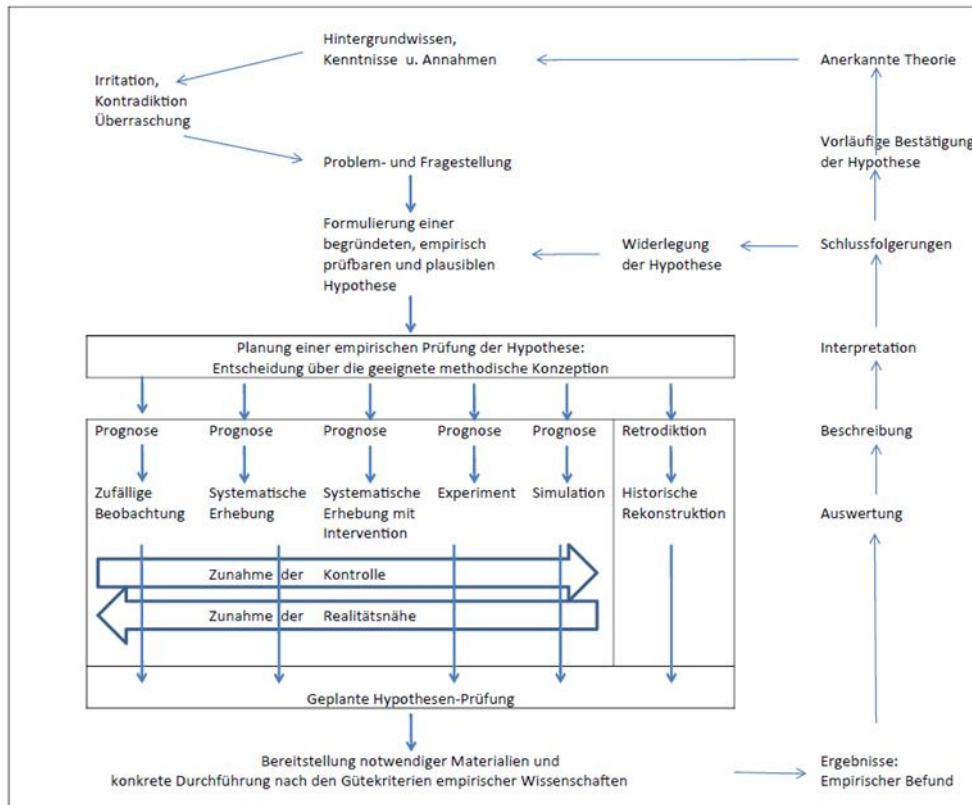


Abbildung 1: Der Zusammenhang zwischen dem hypothetisch-deduktiven Vorgehen und verschiedenen methodischen Grundkonzeptionen der empirischen Wissenschaften (veränderte und ergänzte eigene Darstellung in Anlehnung an Graf, 2013)

### 3 Beschreibung der geplanten Materialien

Zunächst werden die geplanten Materialien beschrieben, welche in verschiedenen schulischen Kontexten (Kurse am Oberstufen-Kolleg und Regelschulen; s. Kap. 4: Einsatz der Materialien am Oberstufen-Kolleg und bei schulischen Kooperationspartnern; s. Kap. 6: Ausblick auf die kommende Projekt- und Materialentwicklung: Fortschreitender Klimawandel und Aufforstungen in europäischer Perspektive) eingesetzt werden sollen. Diese Kontexte werden in Kapitel 4 eingehender beschrieben.

Aus dem Oberstufen-Kolleg gibt es im Rahmen des Versuchsschulauftrags eine Reihe an Veröffentlichungen zu methodisch-didaktischen Konzeptionen für den naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiver entsprechender Materialien. Sie erfassen u.a. folgende Bereiche:

- wissenschaftspropädeutischer Unterricht (z.B. Stockey, 2007);
- fächerübergreifendes Lernen (z.B. Hahn, 2011, Hahn et al., 2014; Stockey & Rösel, 2008);
- naturwissenschaftliche Grundbildung (z.B. Ohly & Strobel, 2008);
- Projektunterricht (z.B. Schumacher et al., 2013);
- methoden- und kompetenzorientiertes Lernen (z.B. Wilde et al., 2020);
- Forschen(des) Lernen (z.B. Graf et al., 2020);
- Bildung für nachhaltige Entwicklung (z.B. Stockey, 2020).

Die inhaltliche Ausrichtung der Aufforstungsprojekte als Citizen Science stellen nun aber einen neuen Unterrichtskontext dar, so dass mindestens eine Anpassung bzw. eine Neuentwicklung von Materialien erforderlich wird, die aber auf diesen Fundamenten aufbaut. Dies betrifft die Ziel-, die Inhalts- und die Methodenebene. Dabei sind die wesentlichen neuen Qualitäten und Herausforderungen dieser Projekte in der Kurszeiträume übergreifenden zeitlichen Perspektive, in der Öffnung des Unterrichts in Richtung fester Waldpartnerschaften mit gegenseitigen Verbindlichkeiten, in dem Beforschen realer, komplexer Systemeffekte, in der Berichtspflicht gegenüber den externen Partnern sowie in den durch die Maßnahmen gleichzeitig angestrebten, nachhaltigen Stabilisierungen von lokalen Ökosystemen zu sehen.

Die Teilschritte der langfristigen und sehr komplexen Planung, Durchführung, Auswertung und Dokumentation eigener Aufforstungen sind nur idealtypisch sukzessive abzarbeiten. Die diesbezügliche Materialentwicklung und -erprobung erfolgt daher immer anhand aktueller Möglichkeiten und Notwendigkeiten (z.B. Jahreszeiten, Kursgruppen, Projektkonzeptionen, Personalkapazitäten). Dabei haben auch dynamische Entwicklungen durch teils neue Kooperationen einen Einfluss auf die thematischen Aspekte. Im Folgenden werden prozessbezogene Teilschritte und erwartbare Materialien zunächst konzeptionell dargestellt, aber auch an konkreten Beispielen illustriert, die sich im ersten Arbeitsjahr entwickelt haben.

### 3.1 Vorbereiten und Planen.

Die Auswahl und Voruntersuchung von möglichen Wiederaufforstungs-, Waldumbau- oder Waldgründungsflächen ergibt sich erfahrungsgemäß auf unterschiedlichen Wegen und erfolgt eher pragmatisch denn systematisch planbar.

Unter ökologischen Aspekten ist es dabei wichtig zu erkennen, inwieweit das naive aktuelle Bild natürlicher Wälder oder gar „Ur“-Wälder in Europa unter humanem Einfluss entstanden ist und steht. Ob „Wald“ als steriler Wirtschaftsforst, naturnaher Forst oder gar als überwiegend naturbelassener Wald existiert oder angelegt wird, sollte im Hinblick auf die beobachtbaren und damit künftig erwartbaren Folgen eingeschränkter Stabilität und folglich gefährdeter Resilienz diskutiert werden. Dabei spielen die klimazonalen und geologischen Standortfaktoren, aber auch die lokalen und regionalen Einflüsse des möglichen Waldmikroklimas sowie die aktuellen Veränderungen eine erhebliche Rolle, um insbesondere Konsequenzen für die Aufforstung und Bewirtschaftung von Waldflächen ziehen zu können. Dass dabei das Anpflanzen von Baumarten nicht willkürlich und losgelöst vom Standort erfolgen kann, wird an Beispielen verdeutlicht.

#### 3.1.1 Analyse

Aus der ersten Sichtung und einer genaueren Analyse der konkreten Fläche und der angestrebten Funktion der Waldfläche in Absprache mit den Forstberatern und dem\*der Waldbesitzenden ergeben sich grundsätzliche Ideen für die Waldgestaltung und damit in der Folge auch Aspekte, die als Interventionen der Untersuchung eingeplant werden können. Hierbei ist es wesentlich, ob es sich um eine wieder aufzuforstende, eine für den

Klimawandel präventiv umzubauende oder um eine neu zu gründende Waldfläche handelt, denn während der Aufwuchsphase der Setzlinge herrschen völlig unterschiedliche biotische und abiotische Umweltfaktoren.

Angestrebte Materialien für diese drei unterschiedlichen Bereiche liefern Sachinformationen für Lehrkräfte und Schüler\*innen oder methodische Anleitungen (z.B. den Bestand an Naturverjüngung bestimmen, Bodenuntersuchungen durchführen, Klimadaten erheben/sammeln). Welche jeweils denkbaren Untersuchungs- und Interventionsmöglichkeiten sich ergeben können, wird exemplarisch verdeutlicht (s. auch Online-Supplement 1).

Die Materialien sollen aber auch Anreize für die Vorbereitung von Rollenspielen und Podiumsdiskussionen zur Öffnung von Schule bieten, die letztlich in die Realität hineingetragen werden, wenn über die konkrete Bepflanzung der Versuchsflächen entschieden werden soll.

### 3.1.2 Untersuchung planen

In diesem planerischen Abschnitt spielt zunächst die *Auswahl prognostisch möglichst geeigneter Baumarten* vor dem Hintergrund des Klimawandels eine Rolle. So möchten wir z.B. auf einer Fläche „Am Wittenberg“ (ca. 30 min. Busfahrt vom Oberstufen-Kolleg entfernt) in Absprache mit den Waldbesitzenden in den nächsten Jahren je etwa 100 Bäume von mindestens vier Baumarten der mediterran-montanen oder sub-mediterranen Klimazone aus montanen Standorten pflanzen und deren An- und Aufwachsen dokumentieren. Hierbei sollen die Kollegiat\*innen in Projekten oder in Grundkursen in Profilen<sup>7</sup> an der Auswahl der Arten sowie dem Prozess der Gestaltung der Anpflanzung beteiligt werden. So hat ein erstes Projekt im Winter 2020/21 gut begründet Flaumeichen (*Quercus pubescens*), Blumeneschen (*Fraxinus ornus*), Edelkastanien (*Castanea sativa*) und Hopfenbuchen (*Ostrya carpinifolia*) als potenzielle Baumarten vorgeschlagen, die zum Winter 2022/23 aus Südtirol beschafft und gepflanzt werden.

Insgesamt ist es notwendig, dass Sachinformationen zu Fragen des (auch lokalen) Klimawandels, der Anpassung von Baumarten (Klimahüllen) und Herkunft, der forst- bzw. waldspezifisch relevanten Unterscheidung von Monokultur/Forst oder Mischwald/Ökosystem sowie der Anlage von quasi-experimentellen Pflanzplänen vermittelt und transparent gemacht werden. In den hierzu zu entwickelnden Materialien liegt der fachliche Fokus auf der Artauswahl für naheliegende Klimaszenarien und auf der Diskussion über die Chancen und Risiken der Einführung außereuropäischer Baumarten in europäische Ökosysteme (z.B. Eukalyptus in Spanien und Portugal). Anhand dieser Informationen sollen im nächsten Schritt konkrete Bestockungspläne gestaltet werden.

Für die *Gestaltung von konkreten Pflanzplänen*, z.B. für ökologisch wertvolle, naturnahe und dennoch forstwirtschaftlich nutzbare Ökosysteme anstelle von Plantagen, gehen wir von den unterschiedlichen Waldfunktionen aus (Wirtschaftswald, Rohstofflieferant, CO<sub>2</sub>-Speicher, Erholungs- und Klimafaktor), reflektieren Fragen nachhaltiger Bauwirtschaft (Stahl-Beton und/oder Holz) oder der Energie- und Papierwirtschaft sowie der traditionellen, aktuellen und künftigen Erntemethoden und ihrer Implikationen für die Waldgestaltung (Mischwald, Altersklassenwald, Kahlschlagwirtschaft, Rückegassen etc.). Es sollen in Projekten und vor allem in Grundkursen im Profil (s. Fiedler-Ebke & Klewin 2020) entsprechende Materialien entwickelt und erprobt werden, die es unseren Kollegiat\*innen bzw. Schüler\*innen erlauben, experimentelle Pflanzkonzepte zu entwickeln, die diese komplexen Faktoren berücksichtigen. Dabei sind auch lokale Standortfaktoren zu berücksichtigen. Ein Bezug zu den Materialien zu den Baumarten für den Klimawandel, zu Standortbestimmungen und zur Bestimmung von Klimafaktoren wird dabei ebenso gesucht, wie es Anregungen gibt, klassische Anbauformen

<sup>7</sup> Frei wählbare Projekte finden am Ende jeden Kurshalbjahres statt; Profile bündeln den Unterricht in drei Fächern zu einem gemeinsamen Thema (Fiedler-Ebke & Klewin 2020).

(Pflanzverband) und alternative Konzepte (Trupp-Pflanzungen) als Interventionsparameter zu erkennen.

Wesentlich bei der Konzeption sind Fragen der empirischen Auswertung. Welche Parameter der abhängigen Variablen, z.B. des Wuchserfolges oder der Vitalität, sollen anhand welcher Indikatoren später z.B. gemessen, gezählt oder gewogen werden? Und welche Aspekte der unabhängigen Variablen sind dabei zu kontrollieren bzw. als Parameter bei der Auswertung der Daten zu bedenken? Hierzu erarbeiten wir eine Matrix, die auch bei der Evaluation und Dokumentation eine Rolle spielt (s. Online-Supplement 2).

### 3.2 Bäume anziehen (Sammeln, Säen, Verschulen)

Diese notwendigen Schritte von Aufforstungen erfolgen im Regelfall durch Forstbetriebe und professionelle Baumschulen. Dann spielen sie keine Rolle für den Unterricht. Sie bieten aber auch besondere Erfahrungs-, Lern- und Erkenntnisgelegenheiten ganzheitlicher Art. Es heißt, in den verschiedenen Projekten alle Abschnitte des Lebenszyklus vom Samen zum Baum zu begleiten und daran Chancen für Untersuchungen zu nutzen. Das Planen, Durchführen und Auswerten von solchen Untersuchungen soll über Materialien erschließbarer gemacht werden. In Kooperation und Absprache mit dem Amt für Forstverwaltung Bozen, dem Regionalforstamt Ostwestfalen, dem Zentrum für Wald und Holzwirtschaft beim Landesbetrieb Wald und Holz NRW in Arnsberg sowie der Escola de Capataces Forestais de Lourizan erfolgt die Anzucht von Bäumen auf unterschiedlichen Arealen des Schulgeländes. Dabei werden experimentelle Bezüge vor allem zu den biotischen und abiotischen Substratfaktoren sowie zur Einbeziehung von Mykorrhiza-Bildung hergestellt. Analog zu den Keimungsversuchen aus dem Kurskonzept des Basiskurs Naturwissenschaften am Oberstufen-Kolleg, die an Gräsern bzw. Getreidesorten erfolgen (Haunhorst et al., 2020; Stockey, 2010), sollen hier Baumsamen (z.B. von Stiel- oder Traubeneiche, Weißtanne u.a.) und in Ausnahmen z.B. Pappel- oder Weidenstecklinge als Versuchsobjekte zum Einsatz kommen (Wald und Holz NRW, 2017). Die existierenden Materialien aus dem Kurskonzept des Basiskurs Naturwissenschaften sollen entsprechend ergänzt, adaptiert und weiterentwickelt werden. Im Unterschied zu den Versuchen aus dem Kurskonzept des Basiskurs Naturwissenschaften werden die Versuchsobjekte hier nicht nur auf der Dachterrasse angezogen, sondern ggf. auch auf dem Pflanzkamp (s.u.) verschult, mehrjährig gezogen und später ausgepflanzt. Ein besonderes empirisches Vorhaben entwickelt sich aktuell in Kooperation mit verschiedenen Partnerschulen in Ostwestfalen und in Pontevedra/Galizien (s. Kap. 6: Ausblick).

### 3.3 Pflanzen und Pflegen

Es gibt sehr unterschiedliches Pflanzmaterial, wie ein Blick in den Leistungskatalog einer gut sortierten Forstbaumschule zeigt. Wie alt, wie groß, wann und wie oft verschult ein Baum ist, spielt ebenso eine Rolle wie die Frage, ob es sich um eine Containerpflanze mit Wurzelballen oder eine wurzelnackte Pflanze handelt. Dies hat Konsequenzen für die Pflanzmethodik und das Anwuchsverhalten in unterschiedlichen Biotopen. Hier bieten sich vielfältige Möglichkeiten für Untersuchungsaspekte, aber ggf. auch Probleme für Vergleiche. Ebenso sind Fragen des Verbiss- und Fegeschutzes relevant, denn Jungpflanzen sind sowohl Nahrungsquelle als auch Markierungs- und Abriebstelle für den Bast am Geweih (u.a. von Rehböcken). Hierzu entwickeln wir Informationen für Schüler\*innen und exemplarische Untersuchungskonzepte, die aber eine fachkundige Beratung und Begleitung durch Fachleute unserer Erfahrung nach nicht ersetzen können. Das gilt auch für die nötigen Pflegemaßnahmen, ohne die eine Aufforstung je nach Standort so gut wie aussichtslos sein kann. Pflegemaßnahmen lassen sich zeitlich z.T. gut mit Maßnahmen des Messens und Dokumentierens verknüpfen.

### 3.4 Evaluieren und Dokumentieren

In einer ersten Lehrerfortbildung stellten wir am Beispiel unserer eigenen Versuchsfläche, die mit etwa 220 Schwarznussbäumen bestockt wurde, vor, wie der Aufwuchserfolg dokumentiert und bewertet werden kann. Hier werden experimentell die Effekte von unterschiedlichen Verbiss- und Fegeschutzmaßnahmen sowie unterschiedlicher Bodenparameter auf den Aufwuchserfolg der Bäume kritierial erhoben, während Beschattungs- oder Feuchteaspekte eher intervallskalierte Parameter darstellen. Als Materialien werden hier Sachinformationsblätter, Experimentier-, Erhebungs-, Berechnungs- und Auswertungsanleitungen sowie Konzepte für Stundenverläufe entwickelt und erprobt, die von den Schüler\*innen nachvollzogen, reflektiert und für die jeweilige Situation angepasst werden müssen. Mit der Zeit werden kontinuierlich längsschnittliche Daten zum Aufwuchserfolg der Bäume erhoben. Für diese Daten werden wir im Rahmen der Materialwerkstattarbeit versuchen, ein Eingabe- und Speicherformat zu entwickeln (s. Kap. 3.6: Speicherung und Nutzung der Daten). Diese Datentabelle soll einer langfristigen und zentralen Sicherung der Daten dienen. Anhand dieser Datentabelle sollen Dritte (z.B. Kollegiat\*innen und andere Nutzer\*innen) die Möglichkeit zur Teilhabe im Sinne von Citizen Science erhalten, um z.B. Teilfragen in den verschiedenen Projekten zu untersuchen und im Bedarfsfall eigenständige Analysen zu Teilfragen durchführen zu können.

Des Weiteren sollen Anleitungen und Anregungen zur statistischen Aus- und Bewertung von Messdaten aufbereitet und angepasst werden, die u.a. für das Erstellen von Untersuchungsberichten genutzt werden. Es sollen bspw. folgende Fragen adressiert werden: Wie werden erfasste Daten ausgewertet und wie können Evidenzen geprüft und ermittelt werden? Hierzu liegen bereits adaptierbare Materialien zum Verfassen eines Untersuchungsberichtes (vgl. Hackenbroch-Kraft et al., 2004; Stockey, 2004; Stockey & Habigsberg, 2011) und zum Reflektieren, Dokumentieren und Resümieren der Untersuchung (vgl. Stockey & Habigsberg, 2011) vor. Als Zielsetzung der Materialwerkstatt geht es hier um die Übertragung eines Ansatzes von Stockey und Habigsberg (2011) auf die „Empirische Gelände-Erhebung im Rahmen eines Aufforstungsprojektes“.

### 3.5 Prüfungsaufgaben und Klausuren

In den ersten Kursdurchgängen bis hin zum Abitur sind projektbezogene Materialien und Klausuraufgaben entwickelt und eingesetzt worden, die es den Lernenden erlauben, ihre Fähigkeiten zu den Schritten der Planung, Durchführung und Auswertung von systematischen Erhebungen mit Interventionsanteilen einzubringen. Die Aufgaben beziehen die Überprüfungsformate des Kernlehrplans NRW (s.o.) mit ein, und sie sollen ebenfalls als ein Material aufbereitet werden. Eine Grundlage für die Klausurformate, in denen Kollegiat\*innen die Fähigkeit zeigen können, aus Biotopinformationen (mögliche unabhängige Variablen) und einem gegebenen Pool von Messdaten zu Aufforstungen (mögliche abhängige Variablen) für jeweilige Standorte geeignete Forschungsfragen zu entwickeln, Hypothesen zu generieren und plausibel zu begründen, um dann gezielt Datensätze auszuwählen und statistisch zu Ergebnissen und Bewertungen zu kommen, sind entsprechende Datensätze, die schrittweise entstehen.

### 3.6 Speicherung und Nutzbarkeit der Daten

Wie oben angedeutet bezieht sich das Material nicht nur auf didaktisch-methodische Aspekte des Unterrichts zur Durchführung eigener praktischer Tätigkeiten, sondern es bietet sich auch an, den Umgang mit den zu gewinnenden Daten im Sinne von Citizen-Science-Projekten über Material zu unterstützen sowie die Daten selbst als Material zu nutzen. Wir wollen dazu prüfen, inwieweit alle ökologischen Daten, die im Rahmen der Aufforstungsprojekte erhoben werden, in einer auf (alle) Einzelfälle anwendbaren Master-Datentabelle (MDT) im Excel-Format erfasst und dokumentiert werden können, damit sie Interessierten aus dem Bildungssektor, aber auch aus der Forstwirtschaft jederzeit

zur Verfügung stehen. Aus einer solchen MDT könnten für fallspezifische Forschungs-desiderate Datenmasken abgeleitet und verwendet werden.

Wir haben dazu eine erste Variablenmatrix (Online-Supplement 2) entwickelt, die exemplarisch abiotische und biotische Umweltfaktoren auflistet, die als unabhängige Variablen den Aufwuchserfolg der gepflanzten und betreuten Bäume beeinflussen. Einige dieser Faktoren sind experimentell beeinflussbar (z.B. Verbisschutzmaßnahme), andere durch den Standort vorgegeben (z.B. Bodenfeuchtigkeit). Als Kriterien für den Aufwuchserfolg, d.h. als abhängige Variablen, fokussieren wir auf leicht und einfach beobachtbare, messbare oder zählbare Indikatoren. Kollektive Kriterien wie zum Beispiel der Deckungsgrad der Baumkronen auf einer Fläche sind ggf. später zu ergänzen. Die anzustrebende Datenbank sollte es ermöglichen, Indikatoren und entsprechende Baumdaten auszuwählen, um diese dann auszuwerten. In der ersten Erprobungsstufe nutzen die Kollegiat\*innen für kleine Untersuchungsberichte eine vorgegebene Excel-datentabelle. Sie werten die Daten für Fragestellungen aus, die den Einfluss der Beschattung, der Bodenstruktur oder des Verbisschutzes auf den Wuchserfolg untersuchen. Die Datenstruktur und -eingabe sollen im Verlauf des Projektes weiterentwickelt und optimiert werden, um diese möglichst praktikabel und handhabbar zu gestalten.

#### 4 Einsatz der Materialien am Oberstufen-Kolleg und bei schulischen Kooperationspartnern

Die in Kapitel 3 beschriebenen Materialien werden für verschiedene Kontexte des schulischen Alltags entwickelt, erprobt, optimiert und genutzt. Die Materialien sollen am Oberstufen-Kolleg im Basiskurs Naturwissenschaften, in den Grundkursen v.a. in den fächerverbindenden Profilen „Tomorrowland“ (2) und „Body and Soul“ (7), in einem fächerübergreifenden Grundkurs „Klimawandel“ sowie in den jahrgangübergreifenden Projekten eingesetzt werden (zu den Kursformaten s. Fiedler-Ebke & Klewin, 2020).

Eine früh begonnene Kooperation mit dem Evangelischen Gymnasium Werther zur Entwicklung und Erprobung der Materialien wird organisationsbezogen durch eine enge Zusammenarbeit in den Strukturen der Kompetenzteams Bielefeld und Gütersloh und einem hieraus resultierenden kontinuierlichen Fortbildungsangebot für Lehrpersonen aus der Region Ostwestfalen-Lippe verstärkt. Diese Konstruktion soll gewährleisten, dass die entstehenden Materialien gleichermaßen für die Kurse des Oberstufen-Kollegs und des Evangelischen Gymnasium Werther und darüber hinaus für alle anderen Regelschulen des Landes NRW nutzbar sind. Erste gemeinsame Fortbildungsveranstaltungen für Lehrer\*innen haben bereits gezeigt, dass die Kooperationspartner\*innen auf personeller Ebene effektiv, konstruktiv und sehr verlässlich zusammenarbeiten können und die unterschiedlichen Erfahrungshorizonte sich fruchtbar ergänzen.

In der Folge dieser Fortbildungen sind neben dem Evangelischen Gymnasium Werther zwei weitere Schulen aus der Region 2022 in ein kleines Netzwerk von Schulen eingetreten. Sie entwickeln in Kooperation mit dem Oberstufen-Kolleg sukzessive Konzepte, wie einzelne Waldbaumaßnahmen in den Schulbetrieb zu integrieren sind (Online-Supplement 1). Hierbei spielen inhaltlich der dargestellte Aussaatversuch (s.o.) und methodisch die Kooperation mit der Forschungsstelle von Wald und Holz NRW eine zentrale, verbindende Rolle. Die Schulen berichten von großen Herausforderungen, diese projekthaften Ansätze in das dichte Netz von Regelungen und Absprachen zur Abdeckung der Kernlernpläne einzubinden, weil es dort an Freiräumen fehlt (s.o.). Sie beginnen aber trotzdem mit den Projekten, weil sie sie für pädagogisch sinnvoll und fachlich herausfordernd halten.

Insgesamt könnten an Regelschulen besonders Projektkurse für den Einsatz der Materialien geeignet sein, weil sie „Spielraum für die inhaltliche Ausgestaltung sowie für fachübergreifendes und projektorientiertes Arbeiten“ (APO-GOST, 2022, § 11, Abs. 8;

MSB NRW, 2022b) bieten. In dieser Materialwerkstatt ist daher die Kooperation zwischen dem Oberstufen-Kolleg und dem Evangelischen Gymnasium Werther die zentrale unterrichtliche Schnittstelle in der Entwicklung und Erprobung der Materialien sowie im Transfer der Materialien in eine Regelschule.

In der Materialentwicklung und -erprobung soll das Konzept *Forschungsorientiertes Lernen* nach Huber (2014) aufgegriffen werden, wenn bspw. ein Schwerpunkt auf die Sensibilisierung für Forschungsmethoden gesetzt wird und die Schüler\*innen zunächst zu einer angemessenen Anwendung und einem reflektierten Umgang befähigt werden sollen. *Forschendes Lernen* (Huber, 2014) erfolgt ggf. in Facharbeiten oder besonderen Lernleistungen, welche an einen Projektkurs anschließen und für welche die Materialien auch genutzt werden könnten.

## 5 Entwicklung und geplante Evaluation der Materialien

Die Materialien sollen unter der Berücksichtigung der Perspektiven von Lehrkräften und Schüler\*innen entwickelt und evaluiert werden. Für die Planung der Evaluationen sind die Rahmenbedingungen des Unterrichts bestimmend, in welchem die zu evaluierenden Materialien eingesetzt werden. Im Fall der Aufforstungsprojekte sind diese jedoch kaum oder gar nicht plan- und absehbar (z.B. Jahreszeiten und Wetterlage sowie Projektkonzeptionen und Personalkapazitäten; s. Kap. 3: Beschreibung der geplanten Materialien). Um möglichst flexibel auf die aktuellen Bedingungen und Situationen zu reagieren, greifen wir das Konzept *Design Thinking* auf.

Das Konzept *Design Thinking* stammt ursprünglich aus dem Unternehmensmanagement und wird für innovative, benutzerorientierte Produktentwicklungen und -optimierungen genutzt (Knapp et al., 2016; Micheli et al., 2019). *Design Thinking* orientiert sich hierbei an Arbeitsweisen von Designern und Entwicklern und versucht Probleme, wie zum Beispiel „wicked problems“, also Probleme, die in komplexe Wechselwirkungen auf Systemebene verstrickt sind, durch iterativ-experimentelle Arbeitsweisen zu lösen (Micheli et al., 2019). Dieser Problemlöseprozess kann „Trial-and-Error“-Elemente enthalten, um verschiedene Produktlösungen mit den Endnutzer\*innen und Projektbeteiligten zu testen (Beverland et al., 2015). *Design Thinking* wird iterativ gestaltet, um das zu behandelnde Problem zu klären und um Zyklen der experimentellen Lösungserstellung auszulösen (Rylander, 2009), die oft durch *User Research* (vgl. Goodman & Kuniavsky, 2012) zur Entwicklung von Erkenntnissen begleitet werden (Liedtka, 2015; Micheli et al., 2019). In diesem Prozess spielen Skizzen und Prototypen eine wichtige Rolle, um Ideen greifbar zu machen (McCullagh, 2013) und die Stärken und Schwächen einer Produktidee zu identifizieren, zu verstehen und mögliche Ansätze zur Weiterentwicklung zu erkennen (Brown, 2008; Micheli et al., 2019).

Werden Unterrichtsmaterialien oder -konzepte als Produkte verstanden, so sollte sich das Konzept *Design Thinking* auf die Entwicklung und Optimierung von Unterrichtsmaterialien übertragen und anwenden lassen, dessen Einsatz und Erprobung komplexen Bedingungen unterliegen (s. Kap. 3: Beschreibung der geplanten Materialien). Da sich im Fall unseres Entwicklungsprojektes der Entwicklungs- und Evaluationsvorgang der Materialien erst während des Prozesses selbst ergibt und an die aktuellen Bedingungen angepasst werden muss, beschreiben wir nun schemenhaft das geplante Ablaufmuster der Entwicklung und Evaluation:

In einem ersten Schritt sollen ein Materialentwurf in einer *Community of Practice* von den Lehrenden der Materialwerkstatt anhand eines Fragenkatalogs diskutiert und die Diskussionsergebnisse dokumentiert werden. Eine erste Version des Fragenkatalogs wird aktuell unter der Berücksichtigung von Qualitätskriterien für Unterrichtsmaterialien (zusammenfassend z.B. Asbrand & Lang Wojtasik, 2009) erstellt. Dieser soll bspw. folgende Fragen enthalten:

- Welche didaktisch-methodischen Überlegungen und Ideen sind bei der Entwicklung der Materialien berücksichtigt worden? Zum Beispiel:
  - notwendige vs. vorhandene Vorkenntnisse;
  - Verstehbarkeit;
  - erkennbarer Anwendungsbezug (Sinnstiftung, Nutzen);
  - Grad der Mitgestaltung im Hinblick auf Citizen Science (Handlungsmöglichkeiten).
- Ist das Material angemessen benutzer\*innenorientiert (i.S.v. Gestaltung und Sprache)?
- Gibt es weitere relevante didaktische Überlegungen, die erst bei der Materialbesprechung evident werden und künftig vorab noch berücksichtigt werden sollten?
- Welche Schlussfolgerungen zur Überarbeitung ergeben sich vor dem Einsatz in der eigenen unterrichtlichen Erprobung dieser Materialien?

Anhand der Ergebnisse aus der ersten Diskussionsrunde sollen im zweiten Schritt das zu erprobende Material überarbeitet und der Fragenkatalog ggf. angepasst oder erweitert werden. Nach der Überarbeitung wird das Material im Unterricht unter den aktuellen Bedingungen (z.B. Jahreszeit und Wetter) im Rahmen von Aufforstungsmaßnahmen eingesetzt. Hieran schließt wiederum eine Diskussion des Materials in einer *Community of Practice* von Lehrenden der Materialwerkstatt und ggf. weiterer Kooperationspartner\*innen an. Die Diskussion soll wieder anhand des optimierten und angepassten Fragebogenkatalogs stattfinden, um zu diskutieren, welche Stärken und Schwächen der Materialien sich aus den Erfahrungen der Lehrkräfte in den konkreten Unterrichtssituationen für deren Weiterentwicklung ergeben. Zudem sollen mit Schüler\*innen, die mit diesem Material gearbeitet haben, Interviews (z.B. Mey & Mruck, 2010) durchgeführt und ausgewertet (z.B. qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring, 2010, 2015) werden, um „Stolpersteine“ (z.B. Verständnisprobleme bei der Arbeit mit dem Material) aus Schüler\*innenperspektive zu identifizieren, um Verbesserungsvorschläge zu erhalten und um herauszuarbeiten, inwiefern die angestrebten Zusammenhänge mit dem Kurs und dem Konzept der Aufforstungsprojekte von den Schüler\*innen real wahrgenommen werden. Anhand dieser Erkenntnisse sollen die Materialien von den Lehrenden der Materialwerkstatt optimiert werden. An dieser Stelle kann ggf. der zweite Schritt wiederholt werden, um das optimierte Material erneut zu erproben und die Optimierung zu evaluieren. Schließlich soll das entwickelte, erprobte und optimierte Material für den Transfer in Regelschulen als mögliche Handlungsempfehlungen publiziert und nutzbar werden.

Dieser Entwicklungs- und Evaluationsprozess könnte durch die Einbindung von Lehrkräften in den geplanten Lehrerfortbildungen erweitert werden. Die Teilnehmenden einer Lehrerfortbildung könnten Beispiele und Anregungen für mögliche Materialien zum Thema Aufforstung erhalten, diese für ihren Unterricht diskutieren, adaptieren und dort einsetzen. Im Anschluss an den unterrichtlichen Einsatz könnte eine zweite Diskussionsrunde der Lehrkräfte stattfinden, in der bspw. Vor- und Nachteile der Materialien sowie bei der Adaption und während der unterrichtlichen Umsetzung aufgetretene Probleme reflektiert und mögliche Handlungsempfehlungen dokumentiert werden.

Darüber hinaus ist denkbar, dass zur Entwicklungsarbeit der Materialwerkstatt weitere Forschungsprojekte durchgeführt werden. Daher werden in Vorarbeit für mögliche folgende Forschungs- und Entwicklungsprojekte Aspekte von einer BNE auf Schüler\*innenebene im Rahmen von Projektphasen erhoben (vgl. Tab. 1 auf der folgenden Seite). Diese sollen sowohl vor als auch nach einem Aufforstungsprojekt erfasst werden, um den Einfluss der Teilnahme an einem Aufforstungsprojekt auf die jeweiligen Konstrukte evaluieren zu können oder weitere Fragestellungen zu untersuchen.



Tabelle 1: Auswahl möglicher Messinstrumente zu Aspekten von BNE (nach Moormann et al., 2021)

<b>Konstrukt</b>	<b>Skala (Autor*innen, Jahr)</b>	<b>Beispielitem (Itemanzahl)</b>
<i>Naturverbundenheit</i>	Inclusion of Nature in Self (Schultz, 2002)	<i>Graphische Items mit zwei Kreisen („Natur“ und „Selbst“), die sich zunehmend mehr überlappen. (1)</i>
<i>Umwelteinstellung (Preservation und Utilisation)</i>	Major-Environmental-Values-2-Modell (Bogner & Wiseman, 2006)	<i>Preservation: „Es stört mich, wenn Wald- oder Wiesenflächen von neuen Straßen oder Wohnsiedlungen bebaut werden.“ (10) Utilisation: „Nur nützliche Tiere und Pflanzen sollten unter Schutz gestellt werden.“ (10)</i>
<i>Interesse an der Natur</i>	Nature Interest Scale (Kleespies et al., 2021)	<i>„Ich würde gerne mehr über die Natur erfahren.“ (9)</i>
<i>wahrgenommene Verantwortung gegenüber der Natur</i>	wahrgenommene Verantwortung (Kals et al., 1998)	<i>„Für den Schutz von Wasser, Boden und Luft bin ich selbst verantwortlich.“ (12)</i>

## 6 Ausblick auf die kommende Projekt- und Materialentwicklung: Fortschreitender Klimawandel und Aufforstungen in europäischer Perspektive

Haben wir zu Beginn des Projektes noch über die klassischen Waldfunktionen nachgedacht, zu deren Erhalt wir mit dem Projekt auch praktisch beitragen wollen, verschieben sich die Prioritäten mit den zunehmenden Dürre- und Hitzeerfahrungen. So fehlte bei der Exkursion im Herbst 2022 das fließende Wasser in der Unterkunft, weil der Brunnen ausgetrocknet war. Nachdem die Fichte als ehemaliger „Brotbaum“ aus den Waldbaukonzepten verschwunden ist, thematisiert der Landesbetrieb Wald und Holz nun auf relevanter Datenbasis die Frage, inwieweit die Rotbuche als der typische, konkurrenzstärkste Waldbaum Mitteleuropas noch eine Zukunft hat. Die Birken und Kiefern sind nach Aussage des Abteilungsleiters Forsten auf den Bielefelder Standorten kaum zu halten. Das Eschentriebsterben (Heinze, 2018) folgte dem Ulmensterben (Preller, 2010). Auf trockeneren, aber selbst auf optimalen Lößboden-Standorten verbreitet sich die Rußrindenkrankheit beim Ahorn (Burgdorf & Straßer, 2020). Ein Revierförster aus der Region bewertet die in den letzten Jahren in der Forschung zum Umgang mit dem Klimawandel gestellte Frage, welche Zukunftsbaumarten mögliche forstwirtschaftliche Erträge in den nächsten Ernteperioden bieten können, als obsolet. Seine primäre Frage ist, ob sich das Ökosystem Wald als solches überhaupt in den nächsten zehn bis zwanzig Jahren halten oder regenerieren kann. Er untermauert die absolute Notwendigkeit, neue Konzepte systematisch zu erproben, weil alles Wissen der letzten Jahrzehnte durch den dramatischen, raschen Wandel der Umweltfaktoren, insbesondere im Hinblick auf die Sommertrockenheiten, keine belastbaren Orientierungen mehr bietet (s. auch Reimer & Staud, 2021).

Vor diesen erschreckenden Hintergründen nehmen wir (leider) einerseits eine wachsende Relevanz unserer lokalen schulischen Aufforstungsinitiativen wahr, und andererseits drücken die produktiven Beteiligungen und Unterstützungen der kooperierenden Waldbesitzenden, Förster\*innen und der Forschungsabteilung des Landesbetriebs Wald und Holz eine Notwendigkeit und Akzeptanz der systematischen Erhebungen mit Interventionsanteilen im Rahmen von Citizen Science aus. Dabei sollte sich der Schwerpunkt von Wiederaufforstungen stärker auf den Waldumbau verlagern, um nicht erst wie bei den Fichtenreinkulturen Kahlflecken bei Ulmen-, Eschen-, Buchen-, Ahorn-, Birken-, Kiefern- und anderen Rein- und Mischbeständen zu riskieren, die unter aktuellen Klimabedingungen nur sehr schwer zu einem neuen Wald aufzuforsten sind. Die Frage nach der Stabilität des Ökosystems Wald: „Kann es die Ausfälle einzelner Arten kompensieren?“ ist offenbar schon von der Frage nach der Resilienz abgelöst: „Kann ein Ökosystem Wald überhaupt wieder regeneriert werden?“ Eine ähnliche Ausrichtung des präventiven naturnahen Waldumbaus begleitet das Oberstufen-Kolleg im Zukunftswald Unterschönau/Thüringen (Bergwaldprojekt, o.D.; von Riewel, 2021). Dort hat das Bergwaldprojekt e.V. mit der Greenpeace-Stiftung eine 200 Hektar große Waldfläche mit hauptsächlichem Fichtenbestand als Versuchsfläche für eine naturnahe, resilienzerhaltende Bewirtschaftung erworben.

In Bielefeld sind neben dem Gymnasium Werther, das bei einer etwa 3 Hektar großen Fichtenkalamitätsfläche zur Wiederaufforstung beiträgt, zwei weitere Schulen mit der Planung eigener Maßnahmen eingestiegen. Die Gesamtschule Brackwede unterstützt auf etwa 1 Hektar die Wiederaufforstung einer vom Eschentriebsterben betroffenen Fläche der von Bodelschwingschen Stiftungen Bethel. Und die Olof-Palme-Gesamtschule in Hiddenhausen kooperiert mit dem Umweltamt der Kommune, um zu versuchen, auf einer 1,5 Hektar Ackerfläche einen Wald zu entwickeln. Das Oberstufen-Kolleg ist für eine neue, etwa 3 Hektar große Fläche am trockenen Südhang des Teutoburger Waldes in eine Waldpartnerschaft eingeladen worden. Am dortigen Zickzackweg zeigt die mit privaten Spendengeldern aufgeforstete Teilfläche nur spärliche Erfolge, und der überwiegende Teil des offenen Hanges ist zwei Jahre nach dem Fichtensterben immer noch nicht naturverjüngt.

Über eine angebaute Erasmus-Kooperation zwischen dem Oberstufen-Kolleg und der Escola de Capataces Forestais de Lourizan in der galizianischen Küstenstadt Pontevedra und der Sekundarstufenschule Johan Carballeira sowie zwei französischen Fachschulen entsteht ein kleines europäisches Netzwerk von in der naturnahen Aufforstung engagierten Schulen, die regelmäßige Besuche zum kooperierten Arbeiten vorbereiten. So streben die Partnerschulen in Absprache mit der Nationalparkverwaltung der Atlantikinseln „Islas de Cies“ und lokalen „comunidade de montes“ (Asociación Forestal de Galicia, o.D.) die Zurückdrängung invasiver Baumarten aus den Nationalparkgebieten, die Wiederetablierung ursprünglicher küstennaher Lorbeerwälder sowie die Wiederaufforstung im Naturpark Courel an, wo durch Waldbrände innerhalb weniger Tage 12.500 Hektar Wald in einer bisher unbekanntem Brandintensität vernichtet wurden.

Im Rahmen dieser Erasmus-Kooperationen wollen die Schulen die Möglichkeit nutzen, einen Untersuchungsansatz so zu entwickeln und abzustimmen, dass man in unterschiedlichen Regionen mit lokal unterschiedlichen Baumarten dennoch vergleichbar erarbeiten kann, wie Bäume möglichst gut ins Ökosystem integriert werden können. So soll erhoben werden, inwieweit das Mikrobiom und die minerale Struktur des Anzuchtsubstrats einen Effekt auf den späteren Aufwuchserfolg haben. Die Anzucht von teils selbst gesammeltem Saatgut aus regionalen, zertifizierten Saatgutbeständen erfolgt in standardisierten Pflanzcontainern, die entweder das Originalsubstrat vom Standort, reine Blumenerde oder eine Mischung von beidem enthalten. Hier ist die Hypothese, dass standortspezifisches Aufwachsen ggf. trotz vergleichsweise reduziertem Setzlingswachstum durch Anpassung an das Standortsubstrat und durch Ausbildung spezifischer Mykorrhiza für einen perspektivisch besseren Aufwuchserfolg sorgt. Hierzu werden die

Schulen sogar durch Mitarbeiter\*innen der Forschungsabteilung von Wald und Holz NRW beraten. Dies gewährleistet einerseits, dass methodisch mit der Fachdisziplin abgestimmt gearbeitet wird, dass den vorgeschlagenen Baumarten fachlich nachvollziehbare Chancen zugebilligt werden und dass ggf. auch der Zugang zu forstlich zertifiziertem Saatgut aus passenden Herkünften vermittelt wird. Andererseits wird dadurch das bestehende echte Interesse an den Erfahrungen und Daten gezeigt.

Alle diese Projekte leben vom europäischen, bürgerlichen Engagement, fördern in Spanien gemeinschaftlich bewirtschaftete Flächen und bedienen keine kommerziellen Interessen. Alle Projekte wollen Teilaspekte ihrer Aufforstungsprojekte als Interventionsmaßnahmen mit Mitteln der Bürger\*innenforschung systematisch erheben und auswerten. Und die Projekte werden Materialien austauschen, übersetzen, testen und weiterentwickeln.

## Literatur und Internetquellen

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the Effectiveness of Practical Work as a Teaching and Learning Method in School Science. *International Journal of Science Education*, 30 (14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Abrahams, I. & Reiss, M.J. (2012). Practical Work: Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (8), 1035–1055. <https://doi.org/10.1002/tea.21036>
- AFG (Asociación Forestal de Galicia) (Hrsg.). (o.D.). *A organización dunha comunidade de montes*. <https://asociacionforestal.gal/as-comunidades-de-montes-vecinais-en-man-comun/a-organizacion-dunha-comunidade-de-montes/#>
- Asbrand, B. & Lang-Wojtasik, G. (2009). Qualitätskriterien für Unterrichtsmaterialien entwicklungsbezogener Bildungsarbeit. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 32 (2), 8–13. <https://doi.org/10.25656/01:9585>
- Bergwaldprojekt (Hrsg.). (o.D.). *Zukunftswald Unterschöngau*. <https://www.bergwaldprojekt.de/projekte/sonderprojekte/zukunftswald-unterschoenau>
- Beverland, M.B., Wilner, S.J.S. & Micheli, P. (2015). Reconciling the Tension between Consistency and Relevance: Design Thinking as a Mechanism for Brand Ambidexterity. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43 (5), 589–609. <https://doi.org/10.1007/s11747-015-0443-8>
- Bogner, F.X. & Wiseman, M. (2006). Adolescents' Attitudes towards Nature and Environment: Quantifying the 2-MEV Model. *Environmentalist*, 26, 247–254. <https://doi.org/10.1007/S10669-006-8660-9>
- Bonn, A., Richter, A., Vohland, K., Pettibone, L., Brandt, M., Feldmann, R., Goebel, C., Grefe, C., Hecker, S., Hennen, L., Hofer, H., Kiefer, S., Klotz, S., Kluttig, T., Krause, J., Küsel, K., Liedtke, C., Mahla, A., Neumeier, V. ... Vogel, J. (2017). *Grünbuch Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland*. Bürger schaffen Wissen – Wissen schafft Bürger (GEWISS). <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/6815>
- Bonney, R., Cooper, C.B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T.B., Rosenberg, K.V. & Shirk, J. (2009). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *Bioscience*, 59 (11), 977–984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Brown, T. (2008). Design Thinking. *Harvard Business Review*, 86 (6), 84–92.
- Bruckermann, T., Arnold, J., Kremer, K. & Schlüter, K. (2017). Forschendes Lernen in der Biologie. In T. Bruckermann & K. Schlüter (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Experimentierpraktikum Biologie* (S. 11–26). Springer Spektrum. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-53308-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-53308-6_2)

- Burgdorf, N. & Straßer, L. (2020). Aktuelle pilzliche Erkrankungen bei Ahorn. *LWF aktuell*, 1 (124), 46–49. [https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/waldschutz/dateien/a124\\_pilzliche\\_erkrankungen\\_ahorn.pdf](https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/waldschutz/dateien/a124_pilzliche_erkrankungen_ahorn.pdf)
- de Haan, G. (1999). Zu den Grundlagen der „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ in der Schule. *Unterrichtswissenschaft*, 27 (3), 252–280. <https://doi.org/10.25656/01:7735>
- Dittmer, A. & Zabel J. (2019). Das Wesen der Biologie verstehen: Impulse für den wissenschaftspropädeutischen Biologieunterricht. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmie-mann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 93–110). Springer Spektrum. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_6)
- Fichten, W. (2010). Forschendes Lernen in der Lehrerbildung. In U. Eberhard (Hrsg.), *Neue Impulse in der Hochschuldidaktik* (S. 127–182). Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-92319-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-531-92319-2_6)
- Fiedler-Ebke, W. & Klewin, G. (2020). Eine besondere Oberstufe: Die immer noch au-bergewöhnliche Praxis der Versuchsschule nach 45 Jahren – Ein Überblick. *WE\_OS-Jb – Jahrbuch der Wissenschaftlichen Einrichtung Oberstufen-Kolleg*, 3 (1), 98–120. [https://doi.org/10.4119/we\\_os-3339](https://doi.org/10.4119/we_os-3339)
- Goodman, E. & Kuniavsky, M. (2012). *Observing the User Experience: A Practitioner's Guide to User Research*. Elsevier.
- Graf, D. (2013). *Experimente für den Biologieunterricht: Erkenntnisgewinnung und kompetenzorientierte Vermittlung biologischer Inhalte*. Oldenbourg.
- Graf, C., Inger, G., Jacobs, N., Köstner, M., Schumacher, C., Stiller, C., Stockey, A., Stroot, T. & te Poel, K. (2020). Forschendes Lernen in der Sekundarstufe II: For-schungs- und Entwicklungsprojekt Forschendes Lernen in der Oberstufe (FlidO) am Oberstufen-Kolleg. In M. Basten, C. Mertens, A. Schöning & E. Wolf (Hrsg.), *Forschendes Lernen in der Lehrer/innenbildung Implikationen für Wissenschaft und Praxis* (S. 112–122). Waxmann.
- Hackenbroch-Krafft I., Jung-Paarmann, H. & Kroeger, H. (2001). *Auf dem Wege zur Facharbeit* (AMBOS, Bd. 48). Oberstufen-Kolleg Bielefeld.
- Hahn, S. (2011). Der fächerübergreifende Unterricht am Oberstufen-Kolleg: Eine Zwi-schenbilanz zu Konzept, Umsetzung und Entwicklungspotentialen. In M. Artmann, P. Herzmann & K. Rabenstein (Hrsg.), *Das Zusammenspiel der Fächer beim Ler-nen. Fächerübergreifender Unterricht in den Sekundarstufen I und II: Forschung, Didaktik, Praxis* (S. 137–161). Prolog. <https://doi.org/10.2307/j.ctvdf0bv.10>
- Hahn S., Heinrich M. & Klewin G. (Hrsg.) (2014). *Studien zum fächerübergreifenden Unterricht. Forschungs- und Entwicklungsprojekte des Oberstufen-Kollegs aus den Jahren 2012–2014* (Schriftenreihe Forschungspraxis – Praxisforschung, Bd. 2). Monsenstein & Vannerdat.
- Hammann, M. (2007). Das Scientific Discovery as Dual Search-Modell. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung – ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 187–196). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_17)
- Haunhorst, D., Stockey, A. & Wilde, M. (2020). Die ökologische Nische: Ein Dosis-Wirkungs-Experiment zur Ermittlung des physiologischen Spektrums verschie-dener Getreidearten. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2), 107–116. <https://doi.org/10.4119/pflb-3308>
- Heinrich, M. & Klewin, G. (2018). Forschendes Lernen im Praxissemester – Gover-nanceanalysen eines bildungspolitischen Programms. In N. Ukley & B. Gröben (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Praxissemester* (Bildung und Sport, Bd. 13) (S. 3–25). Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-19492-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-19492-5_1)
- Heinze, B. (2018). Eschentriebsterben: wie die Alten, so auch die Jungen? *Forstzeitung*, 9, 26–28.

- Hinzke, J.-H. (2019). Forschendes Lernen im Unterricht gestalten. Begriffsklärung, Potenziale, Gelingensfaktoren. *Hamburg macht Schule*, 31 (2), 5–8.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different Goals Demand Different Learning Methods. *International Journal of Science Education*, 36 (15), 2534–2553. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- Höbke, C. (2009). Klimawandel im Unterricht. *Biologie in unserer Zeit*, 39 (5), 307–307. <https://doi.org/10.1002/biuz.200990071>
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88 (1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Huber, L. (2014). Forschungsbasiertes, Forschungsorientiertes, Forschendes Lernen: Alles dasselbe? Ein Plädoyer für eine Verständigung über Begriffe und Unterscheidungen im Feld forschungsnahen Lehrens und Lernens. *Das Hochschulwesen*, 62, 32–39.
- Huber, L. & Reinmann, G. (2019). *Vom forschungsnahen zum forschenden Lernen an Hochschulen. Wege der Bildung durch Wissenschaft*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-24949-6>
- Kals, E., Schuhmacher, D. & Montada, L. (1998). Experiences with Nature, Emotional Ties to Nature and Ecological Responsibility as Determinants of Nature Protect Behavior. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 25, 326–337.
- Kirschner, P.A., Sweller, J. & Clark, R.E. (2006). Why Minimal Guidance during Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), 75–86. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1)
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes*. The MIT Press.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12 (1), 1–48. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1201\\_1](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1201_1)
- Kleespies, M.W., Doderer L., Dierkes P.W. & Wenzel V. (2021). Nature Interest Scale – Development and Evaluation of a Measurement Instrument for Individual Interest in Nature. *Frontiers in Psychology*, 12, Art. 774333. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.774333>
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (Hrsg.). (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004. Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (Hrsg.). (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004. Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (Hrsg.). (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004. Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (Hrsg.). (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020. Wolters Kluwer Deutschland.
- Knapp, J., Zeratsky, J. & Kowitz, B. (2016). *Sprint: How to Solve Big Problems and Test New Ideas in Just Five Days*. Simon & Schuster.

- Leopoldina (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. – Nationale Akademie der Wissenschaften). (2021). *Was ist evidenzbasierte Politikgestaltung?* <https://www.leopoldina.org/themen/evidenzbasierte-politikgestaltung/politikgestaltung-22/>
- Liedtka, J. (2015). Perspective: Linking Design Thinking with Innovation Outcomes through Cognitive Bias Reduction. *Journal of Product Innovation Management*, 32 (6), 925–938. <https://doi.org/10.1111/jpim.12163>
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–186). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_16)
- Mayer, J. (2018). Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 56–61). Aulis.
- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4–12.
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 601–613). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_42)
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Beltz.
- McCullagh, K. (2013). Stepping Up: Beyond Design Thinking. *Design Management Review*, 24 (2), 32–34. <https://doi.org/10.1111/drev.10238>
- Mey, G. & Mruck, K. (2010). Interviews. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 423–435). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_30)
- Micheli, P., Wilner, S.J., Bhatti, S., Mura, M. & Beverland, M.B. (2019). Doing Design Thinking: Conceptual Review, Synthesis and Research Agenda. *Journal of Product Innovation Management*, 36 (2), 124–148. <https://doi.org/10.1111/jpim.12466>
- Moormann, A., Lude, A. & Möller, A. (2021). Wirkungen von Naturerfahrungen auf Umwelteinstellungen und Umwelthandeln. In U. Gebhard, A. Lude, A. Möller & A. Moormann (Hrsg.), *Naturerfahrung und Bildung* (S. 57–78). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-35334-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-658-35334-6_4)
- MSB NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen) (Hrsg.). (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen Biologie*. MSB NRW.
- MSB NRW (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen). (2019). *Leitlinie Bildung für nachhaltige Entwicklung*. MSB NRW.
- MSB NRW (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen). (2022a). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen Biologie*. MSB NRW.
- MSB NRW (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen) (Hrsg.). (2022b). *Verordnung über den Bildungsgang und die Abiturprüfung in der gymnasialen Oberstufe*. <https://bass.schul-welt.de/9607.htm>
- MULNV NRW (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen). (2019). *Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen – Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung*. MULNV NRW. <https://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/waldbewirtschaftung/waldbau/>
- MULNV NRW (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen). (2020). *Wiederbewaldungskonzept Nordrhein-Westfalen. Empfehlungen für eine nachhaltige Walderneuerung auf Kalamitätsflächen*. MULNV NRW. <https://www.umwelt.nrw.de/mediathek/broschue>

- ren/detailseite-broschueren?backId=147&broschueren\_id=14328&cHash=b41d91070a4383b25903d750f79a5280
- Ohly, K.P. & Strobl, G. (2008). *Naturwissenschaftliche Bildung. Konzepte und Praxisbeispiele für die Oberstufe*. Beltz.
- Preller, J. (2010). Das heimliche Sterben der Ulmen. *Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe*, 35, 52–53.
- Randler, C. (2021, 25. August). Leaders Inspiring the Next Generation of Citizen Scientists – An Analysis of the Predictors of Leadership in Birding. *Frontiers in Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.727719>
- Reimer, N. & Staud, T. (2021). *Deutschland 2050*. Kiepenhauer & Witsch.
- Reitinger, J. (2013). *Forschendes Lernen: Theorie, Evaluation und Praxis in naturwissenschaftlichen Lernarrangements*. Prolog. <https://doi.org/10.2307/j.ctvss3zbh>
- Rost, J. (2002). Umweltbildung – Bildung für nachhaltige Entwicklung. Was macht den Unterschied? *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 25 (1), 7–12. <https://doi.org/10.25656/01:6176>
- Ryan, R.M. & Deci, E.L. (2017). *Self-Determination Theory. Basic Psychological Needs in Motivation, Development and Wellness*. Guilford Press. <https://doi.org/10.1521/978.14625/28806>
- Rylander, A. (2009). Design Thinking as Knowledge Work: Epistemological Foundations and Practical Implications. *Design Management Journal*, 4 (1), 7–19. <https://doi.org/10.1111/j.1942-5074.2009.00003.x>
- Scholz, R.W. (2011). *Environmental Literacy in Science and Society – from Knowledge to Decision*. Cambridge University Press.
- schulentwicklung.nrw.de. (2014). *Schulinterner Beispiellehrplan zum Kernlehrplan Biologie 2014*. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/biologie/hinweise-und-beispiele/index.html>
- schulentwicklung.nrw.de. (2022). *Schulinterner Beispiellehrplan zum Kernlehrplan Biologie 2022*. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/biologiebrneu-ab-2022-23/hinweise-und-materialien/hinweise-und-materialien.html>
- Schultz, P.W. (2002). Inclusion with Nature. The Psychology of Human-Nature Relations. In P. Schmuck & P.W. Schultz (Hrsg.), *The Psychology of Sustainable Development* (S. 61–78). Kluwer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0995-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0995-0_4)
- Schumacher C., Rengstorf, F. & Thomas C. (2013). *Projekt: Unterricht – Projektunterricht und Professionalisierung in Lehrerbildung und Schulpraxis*. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Schweitzer, J., Heinrich, M. & Streblov, L. (2019). Hochschuldidaktische Qualitätssicherung und Professionalisierung im Medium von Materialentwicklung. Ein Arbeitsmodell von Materialwerkstätten. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 1 (1), 1–29. <https://doi.org/10.4119/dimawe-1538>
- Stiller, C. (2019). Forschendes Lernen am Oberstufen-Kolleg Bielefeld: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt FLiDO („Forschendes Lernen in der Oberstufe“). *WE\_OS-Jb – Jahrbuch der Wissenschaftlichen Einrichtung Oberstufen-Kolleg*, 2 (1), 7–23. [https://doi.org/10.4119/we\\_os-3181](https://doi.org/10.4119/we_os-3181)
- Stiller, C., Allmers, T., Habigsberg, A., Stockey, A. & Wilde, M. (2020). Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften: Von der Hypothese zur Theorie. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2), 28–39. <https://doi.org/10.4119/pflb-3302>
- Stockey, A. (2004). Alles ist möglich, aber nicht gleichzeitig! Experimentelle und empirische Facharbeiten in Biologie. In I. Hackenbroch-Krafft, H. Jung-Paarmann & H. Kroeger (Hrsg.), *Auf dem Wege zur Facharbeit. Erfahrungen und Beispiele aus verschiedenen Fächern* (Ambos, Bd. 48) (S. 77–79). Oberstufen-Kolleg Bielefeld.

- Stockey, A. (2007). „Im Wald und auf der Heide“ – Ökologische Tagesexkursionen: empirische Geländeerhebungen als Kern eines wissenschaftspropädeutischen Unterrichts. In R. Bähr, J. Bessen, W. Emer, G. Günther-Boemke & H.-H. Schwarz (Hrsg.), *Schule auf Reisen. Exkursionen als Möglichkeit vielseitigen Lernens in der Sekundarstufe II* (Ambos, Bd. 50) (S. 103–117). Oberstufen-Kolleg Bielefeld.
- Stockey, A. (2010). Vom Sein zum Sollen. Zur Grenzwertfestlegung in Toxikologie und Umweltschutz – Sekundarstufe II. *Ethik & Unterricht*, 3 (10), 39–45.
- Stockey, A. (2020). BNE in der Sekundarstufe II. Entwicklung, Erprobung und Transfer am Oberstufen-Kolleg Bielefeld. In A. Keil, M. Kuckuck & M. Faßbender (Hrsg.), *BNE-Strukturen gemeinsam gestalten. Fachdidaktische Perspektiven und Forschungen zur Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrkräftebildung* (S. 167–181). Waxmann.
- Stockey, A. & Habigsberg, A. (2011). Einen (natur)wissenschaftlichen Untersuchungsbericht schreiben. In U. Horst & K.-P. Ohly (Hrsg.), *Analysemethoden – Texte, Töne Bilder* (Lernbox Lernmethoden und Arbeitstechniken, Heft 4) (S. 23–29). Auer.
- Stockey, A. & Rösel, B. (2008). Environmental Systems – Structure, Function and Evolution. Eine bilinguale Grundkurssequenz zur Einführung in die Naturwissenschaften. In K.-P. Ohly & G. Strobl (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung. Konzepte und Praxisbeispiele für die Oberstufe* (S. 150–170). Beltz.
- UNESCO. (2014). *Roadmap for Implementing the Global Action Programme on Education for Sustainable Development*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230514>
- UNESCO. (2015). *Introduction to Inquiry – An Online Course for Teachers about the Inquiry Learning Cycle*. UNESCO.
- von Riewel, H. (2021). Unser Zukunftswald in Unterschönau – oder was Wald mit Quantenphysik zu tun hat. *Bergwaldprojekt Journal*, 25, 3–11.
- von Wehrden, H., Kater-Wettstädt, L. & Schneidewind, U. (2019). Fridays for Future aus nachhaltigkeitswissenschaftlicher Perspektive. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 28 (3), 307–309. <https://doi.org/10.14512/gaia.28.3.12>
- Wald und Holz NRW (Hrsg.). (2017). *Weißtanne – gesät statt gepflanzt. Anleitung zur manuellen Plätzeaat*. Eigenverlag.
- Weber, K.F. (2021, 5. Juni). *Zur Dynamik von naturnahen Buchenwäldern – Thesen, Aussagen*. [https://bund-helmstedt.de/fileadmin/helmstedt/pdf/39\\_Waldbrief\\_05-06-2021\\_Dynamik\\_der\\_Buchenwaelder\\_Thesen\\_Aussagen.pdf](https://bund-helmstedt.de/fileadmin/helmstedt/pdf/39_Waldbrief_05-06-2021_Dynamik_der_Buchenwaelder_Thesen_Aussagen.pdf)
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315–345.
- Wilde, M., Stiller, C. & Stockey, A. (Hrsg.). (2020). *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2: Der Basiskurs Naturwissenschaften am Oberstufen-Kolleg Bielefeld). <https://doi.org/10.4119/pflb-3299>
- Zeiger, V. (2021, 10. Dezember). Förderschüler und Azubis forsten auf. Ein zerstörter Hektar Waldfläche am Teuto wird mit Eichen und Robinien bepflanzt. *Westfalen-Blatt*. <https://www.westfalen-blatt.de/owl/forderschuler-und-azubis-forsten-auf-2502431?pid=true>



## Beitragsinformationen

**Zitationshinweis:**

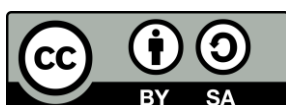
Schweihofen, C., Kirchhoff, T., Arkenau, C., Bekel, H., Stockey, A., Tennhoff, N. & de la Fuente Villar, J. (2022). Aufforstungsprojekte als Bürger\*innenwissenschaft in der Oberstufe im Kontext „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ (AProBOS BNE). Projektbericht zur Entwicklung von Unterrichtsmaterialien für einen anwendungs- und methodenorientierten Unterricht. *WE\_OS-Jb – Jahrbuch der Wissenschaftlichen Einrichtung Oberstufen-Kolleg*, 5, 92–116. [https://doi.org/10.11576/we\\_os-6138](https://doi.org/10.11576/we_os-6138)

**Online-Supplements:**

- 1) Übersicht über die Teilprojekte
- 2) Variablenmatrix für die Auswertung von Einflussfaktoren auf den Wachstumserfolg von Bäumen

Online verfügbar: 23.12.2022

ISSN: 2627-4450



Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>