

Zum Nachdenken.
Reflexion über Konzepte, Material und Befunde

Humboldt *versus* Hightech?!

Entwicklung und Erprobung eines Lehrkonzeptes zur Integration von Bestimmungsapps in die universitäre Sachunterrichtslehrpersonenausbildung

Sven Hanses^{1,*}, Debora Westerholt², Angelika Preisfeld²,
Miriam Kuckuck¹ & Melanie Beudels^{1,*}

¹ Bergische Universität Wuppertal,
Institut für Geographie und Sachunterricht

² Bergische Universität Wuppertal,
Lehrstuhl für Zoologie und Didaktik der Biologie

* Kontakt: Bergische Universität Wuppertal,
Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal
sven.hanses@uni-wuppertal.de; melanie.beudels@uni-wuppertal.de

Zusammenfassung: Dieser Beitrag stellt das Lehrkonzept einer universitären Übungseinheit für angehende Grundschullehrpersonen im sachunterrichtlichen Bezugsfach Biologie vor. Dabei wird das übergeordnete Ziel verfolgt, den Studierenden Bestimmungskompetenzen und Artenkenntnis zu vermitteln. Sie gelten als wichtige Faktoren, um Interesse am Schutz der Umwelt und an der Biodiversität zu entwickeln. Die Übungsinhalte werden durch Alexander von Humboldts süd-amerikanische Forschungsreise kontextualisiert. Es wurde ein Screencast produziert, der die Studierenden motivieren soll, sich mit den fachwissenschaftlichen Lerninhalten auseinanderzusetzen. In der Bestimmungsübung zu Laub- und Nadelbäumen kommen ausschließlich Bestimmungsapps mit automatischer bzw. manueller Bestimmungsmethode zum Einsatz. Um die Kursteilnehmer*innen ebenfalls im Umgang mit dichotomen Bestimmungshilfen zu schulen, wird auf einen digitalen, dichotomen Bestimmungsschlüssel zurückgegriffen. Die Ergebnisse der begleitenden qualitativen sowie quantitativen Querschnittsstudie ($N = 46$) weisen auf hohe Zustimmungsraten bezüglich der getroffenen Kontextualisierung sowie der ausschließlichen Verwendung von digitalen Bestimmungshilfen hin. Als Gründe dafür werden produkteigenschafts- und wirksamkeitsbezogene Aspekte genannt. Knapp 75 Prozent der Befragten halten den Einsatz von Bestimmungsapps im Studium für sinnvoll. Darüber hinaus geben die Studierenden nach der Übungseinheit an, Bestimmungsapps in ihrem eigenen Unterricht einsetzen zu wollen. Der Beitrag gibt Anregungen dazu, wie das Lernen *mit* und *über* digitale(n) Medien, hier insbesondere in Form von Bestimmungsapps und Screencasts, im Lehramtstudium gelingen kann und welche Hürden es dabei zu bewältigen gibt.

Schlagwörter: Bestimmungsübung; Digitalisierung; Lehrerbildung; Artenkenntnis; Sachunterricht; Laubbaum; Nadelbaum



1 Einführung

Da die Artenvielfalt weltweit seit Jahrzehnten durch menschliche Einflüsse dramatisch abnimmt (vgl. Weber, 2018, S. 241), verpflichteten sich jüngst 141 Länder auf der 26. UN-Klimakonferenz in Glasgow 2021, den Waldverlust bis 2030 zu stoppen. Dadurch heben sie die entscheidende Rolle der Wälder und ihrer biologischen Vielfalt zur Sicherung der lebensnotwendigen Ökosystemleistungen hervor (vgl. UN-Klimakonferenz (Conference of the Parties (COP) 26), 2021). Schon der deutsche Naturforscher Alexander von Humboldt (1769–1859) soll gesagt haben: „Habt Ehrfurcht vor dem Baum, er ist ein einziges großes Wunder“.¹

Artenkenntnis ist ein wichtiger Faktor, um auch gesellschaftliches Interesse am Schutz der Umwelt und an der Biodiversität zu entwickeln. Die Akzeptanz von Schutzmaßnahmen für Lebensräume und Organismen ist abhängig von der Wertschätzung, die der Mensch ihnen entgegenbringt. Je bekannter uns Lebewesen und Ökosysteme sind, desto eher sind wir bereit, sie zu schützen und zu bewahren (Lindemann-Matthies, 2002; Lindemann-Matthies et al., 2010; Weber, 2018).

Studien belegen jedoch, dass nicht nur die Artenkenntnis in der breiten Bevölkerung immer weiter zurückgeht, sondern dass auch die Zahl der Artenkenner*innen² dramatisch abnimmt (Frobel & Schlumprecht, 2016; Kelemen-Finan & Dedova, 2014). Diese Tendenz kann ebenso bei (angehenden) Lehrkräften, zuvor eine der klassischen Personengruppen von Artenkenner*innen (vgl. Frobel & Schlumprecht, 2016, S. 62), beobachtet werden (Schulte et al., 2019). Indes ist es ihre Aufgabe, den Schüler*innen (zukünftig) Bestimmungskompetenzen zu vermitteln (GDSU, 2014; MSB NRW, 2021). Haben Lehrpersonen eine geringe Artenkenntnis, kann dies zu „eine[r] Vernachlässigung naturkundlicher Themen im Unterricht sowie ungeeignete[n] Vermittlungskonzepte[n]“ (Beudels et al., 2021, S. 142) führen. Die Ursachen für mangelnde Artenkenntnis und Bestimmungskompetenzen sind dabei multikausal (Frobel & Schlumprecht, 2016; Schminke, 1997). Als eine der größten Hürden auf dem Weg zur*um Artenkenner*in gilt der komplexe und zeitintensive Einstieg in den Umgang mit klassischen Bestimmungsschlüsseln (vgl. Wäldchen et al., 2016, S. 122).

Bestimmungssapps, die den Identifizierungsprozess beschleunigen und schnelle Erfolgserlebnisse versprechen, könnten diese Einstiegshürde entscheidend verringern (vgl. Beudels et al., 2021, S. 145). Sie ermöglichen heutzutage die teil- bzw. vollautomatische Identifizierung von Organismen anhand von Bildern ohne umfassendes Vor- und Fachwissen (vgl. Beudels et al., 2021, S. 144) und revolutionieren so die herkömmlichen Bestimmungsmethoden (vgl. Wäldchen et al., 2016, S. 122). Erfahrungen aus Schulprojekten lassen zudem einen positiven Lerneffekt durch die Nutzung von Apps vermuten (vgl. Groß, 2018, S. 58). Allerdings sind Einsatz und Wirkung von Bestimmungssapps in der Hochschullehre bisher wenig erforscht.

Deshalb wird in diesem Artikel ein universitäres Lehr-Lern-Konzept zur Integration von Bestimmungssapps zum Thema Laub- und Nadelbäume in die Hochschullehre vorgestellt und evaluiert. Aufgrund der durch das Coronavirus SARS-CoV-2 notwendig gewordenen Distanzlehre wurde in diesem Zusammenhang zur Vermittlung der fachwissenschaftlichen Grundlagen ein Screencast erstellt. Erste Untersuchungen zur Studiensituation in der Pandemie zeigen, dass Screencasts Studierende dabei unterstützen können, Veranstaltungsinhalte leichter nachzuvollziehen, und somit die veränderte Lernsituation erleichtern (vgl. Marczuk et al., 2021, S. 5). Die Erprobung des im Folgenden dargestellten Konzepts fand an der Bergischen Universität Wuppertal im Rahmen der Übung zur biologischen Vertiefungsveranstaltung für Grundschullehrkräfte statt. Das

¹ Auch wenn dieses Zitat heute vielfach mit Humboldt in Verbindung gebracht wird (Gliniars et al., 2016; Magistrat der Kurstadt Bad Orb, 2021; Ronzheimer, 2019), gehen neuere Recherchen davon aus, dass es auf den deutschen Botaniker Reinhold Tüxen (1899–1980) zurückzuführen ist (vgl. Kriehofer, 2017).

² Nach Frobel & Schlumprecht (2016, S. 105) sind dies „Personen mit besonderer Kenntnis von Arten“.

übergeordnete Ziel der Übungseinheit ist der Aufbau von Bestimmungskompetenzen und Artenkenntnis, um die Studierenden für die Erhaltung der Wälder zu sensibilisieren. Das Bewahren der „genetischen, strukturellen und funktionalen Diversität“ (Scherer-Lorenzen, 2020, S. 7) in Waldgebieten ist nämlich die Basis für ihre zukünftige multifunktionale und nachhaltige Nutzung (vgl. Scherer-Lorenzen, 2020, S. 7; vgl. auch Hickler et al., 2012, S. 205).

Nach einer Erläuterung der Charakteristika von Screencasts (vgl. Kap. 2.1) und der fachspezifischen Arbeitsweise „Bestimmen“ sowie dem Darlegen des Status quo zu analogen und digitalen Bestimmungshilfen (vgl. Kap. 2.2) werden das Setting und die Lernziele der Übungseinheit beschrieben, um anschließend das Konzept, den Ablauf und die eingesetzten Lernmaterialien (inkl. Screenshot) im Detail vorzustellen (vgl. Kap. 3). In Kapitel 4 werden die Methodik und Ergebnisse der Begleitforschung vorgestellt. Die Studierenden konnten Feedback zu den eingesetzten Medien geben. Außerdem wurde untersucht, ob der Screenshot einen Einfluss auf motivationale Orientierungen der Studierenden hat. Die Diskussion in Kapitel 5 regt zum Nachdenken darüber an, welche Potenziale und Herausforderungen das Lernen mit (und über) digitale(n) Bestimmungshilfen sowie Screencasts im Sachunterrichtsstudium bieten kann.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Screenshot

In der Literatur existiert keine allgemeingültige Taxonomie zur Systematisierung von Videos, die in der universitären oder schulischen Lehre eingesetzt werden (vgl. Handke, 2020, S. 150; Schaarschmidt et al., 2016, S. 41). Kategorisierungsversuche werden anhand verschiedenster Videomerkmale und ihrer Kombinationen unternommen, wie z.B. dem Aufnahmesetting, dem Einsatzzweck, der Videolänge, dem Grad der Didaktisierung und Professionalisierung oder dem Produktionsaufwand (vgl. Handke, 2020, S. 153; Schaarschmidt et al., 2016, S. 41; Wolf, 2015, S. 123). Aus diesem Grund sind entwickelte Terminologien häufig nicht trennscharf (vgl. Handke, 2020, S. 151).

Literaturübergreifend sind Screencasts dennoch spezifisch durch ihr Aufnahmesetting definiert. Die gleichzeitige digitale Aufnahme des eigenen Bildschirms mit synchronisiertem Audiokommentar ist dafür das entscheidende Merkmal (vgl. Findeisen et al., 2019, S. 19; Morris & Chikwa, 2014, S. 26; Wolf, 2015, S. 125). Die Darstellungsformen reichen von digitalen handschriftlichen Aufzeichnungen (vgl. Chen & Wu, 2015, S. 110) über vertonte PowerPoint-Präsentationen (vgl. Morris & Chikwa, 2014, S. 26) bis hin zur Visualisierung komplexer Algorithmen (vgl. Lloyd & Robertson, 2012, S. 68).

Ursprünglich zur Erstellung von Tutorials genutzt, um neue Funktionalitäten in Softwaretools zu demonstrieren, werden sie heutzutage von Lehrkräften vor allem in Online-Lehr-Lern-Umgebungen eingesetzt, um eine Vielzahl von Themen zu unterrichten, beispielsweise in Form von aufgezeichneten Vorlesungen (vgl. Sugar et al., 2010, S. 2), als ergänzende Ressource zur Erklärung von Hausaufgaben (vgl. Green et al., 2012, S. 718) oder als vorbereitender Einstieg in ein neues Thema (vgl. Green et al., 2012, S. 734). Der Einsatz von Screencasts zielt dabei auf eine oder mehrere der folgenden Unterrichtsstrategien ab: Überblick geben, Verfahren beschreiben, Konzept präsentieren, Aufmerksamkeit fokussieren und Inhalt ausarbeiten (vgl. Sugar et al., 2010, S. 12).

Screencasts können von Online-Lerner*innen in ihrer jeweiligen Lernumgebung nach Belieben und bei Bedarf mehrmals angesehen werden (vgl. Sugar et al., 2010, S. 2). Mayers (2014) *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) legt nahe, dass bewegte Bilder oder animierte Präsentationen mit einer entsprechenden Audiokomponente eine effektivere Lernerfahrung bieten als eine Reihe von Standbildern mit beschreibendem Text. Er postuliert, dass Informationen, die gleichzeitig in den visuellen und audi-

tiven Eingangskanälen verarbeitet werden, einen additiven Effekt aufweisen und insbesondere die Speicherung und Informationsübertragung aufgrund einer geringeren kognitiven Belastung der Lernenden fördern sowie zu einer optimierten Nutzung des Arbeitsgedächtnisses führen. Empirische Befunde deuten ebenfalls darauf hin, dass sich der Einsatz von Screencasts positiv auf die Lernleistung auswirkt (z.B. Chen & Wu, 2015; Green et al., 2012; Lloyd & Robertson, 2012; Morris & Chikwa, 2014; Sugar et al., 2010) und ebenso die „Aufmerksamkeit, das Bedeutsamkeitsempfinden und Engagement der Lernenden positiv“ beeinflusst (Findeisen et al., 2019, S. 17). Chen & Wang (2011) untersuchten, inwiefern unterschiedliche multimediale Materialien die Emotionen und Leistungen der Lernenden beeinflussen. Ihre Ergebnisse zeigen, dass videobasiertes Material, im Gegensatz zu allen anderen Darstellungsformen, die beste Lernleistung und die positivsten Emotionen hervorruft. Hartsell & Yuen (vgl. 2006, S. 31) beobachteten weiter, dass videobasierter Online-Unterricht Kurse lebendig macht, indem er Lernenden ermöglicht, ihre visuellen und auditiven Sinne zu nutzen, um neue Konzepte sowie schwierige Methoden zu lernen. Im Vergleich zu traditionelleren Textformaten verbessert die Kombination von Ton und Bild in Screencasts die Lernerfahrung und kann eine leistungsfördernde Methode zur Vermittlung von Inhalten in rein onlinebasierten Lernumgebungen sein (vgl. Sugar et al., 2010, S. 3).

Nach Findeisen et al. (2019) beeinflussen die folgenden fünf Gestaltungsmerkmale die Wirkung von Erklärvideos, zu denen auch Screencasts gehören, im unterrichtlichen Kontext besonders positiv (vgl. Tab. 1):

Tabelle 1: Bedeutsame Gestaltungsmerkmale von Erklärvideos (vgl. Findeisen et al., 2019, S. 30) (eigene Darstellung)

Merkmal	Erläuterungen/Wirkungen
Alter der erklärenden Person	Positive Effekte auf Lernerfolg, Lernanstrengung sowie die Beurteilung der Qualität der Erklärung, wenn die erklärende Person im Video älter ist als die Lernenden.
Design	Lernwirksame Effekte bei einem Design der Lernumgebung, das positive Emotionen auslöst. Zudem Wirkungen auf Emotionen, Motivation und/oder Lernerfolg durch wahrgenommene Nutzerfreundlichkeit und Ästhetik des Designs (z.B. runde Formen und/oder warme Farben; für Details s. Plass et al., 2014).
Interaktive Elemente	Positive Effekte auf Lernerfolg durch den Einsatz interaktiver Elemente. Ermöglichen eines individuellen sowie aktiven Verarbeitens der Lerninhalte.
Videodauer	Das Video sollte aufgrund der Vielzahl an Informationen, welche über mehrere Kanäle aufgenommen werden, in der Dauer begrenzt sein (s. auch Diskussion in Kap. 5).
Video-perspektive	Es empfiehlt sich, das Video aus Sicht der erklärenden Person zu drehen, wenn eine (komplexe) Handlung demonstriert wird. Dadurch wird die kognitive Belastung der Lernenden beim Nachmachen der Handlung reduziert (Entfallen des Perspektivenwechsels).

2.2 Bestimmen als fachspezifische Arbeitsweise

Das Bestimmen ist charakteristisch für die botanische Arbeit und zielt auf die Vermittlung von Namen, Vorkommen und Lebensweisen von Organismen ab (vgl. Nerdel, 2017, S. 192). Es ist dadurch die Grundlage für den Aufbau eines allgemeinen Biodiversitätsverständnisses. Das Bestimmen beruht im Wesentlichen auf den fachwissenschaftlichen Arbeitsweisen des Betrachtens und Vergleichens. Beim Betrachten wird die Makrostruktur oder Morphologie von unbeweglichen Objekten ohne Eingriff in ihre Struktur analysiert (vgl. Nerdel, 2017, S. 115; Staeck, 2009, S. 429). Das naturwissenschaftliche Vergleichen erfordert eine systematische Verwendung von Kriterien (vgl. Nerdel, 2017,

S. 144), um mindestens zwei Objekte einer Gruppe einander gegenüberzustellen und so ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu identifizieren (vgl. Wellnitz & Mayer, 2008, S. 137). Bestimmen fördert dementsprechend die Ausdifferenzierung von Tier- und Pflanzenarten, erweitert die Unterscheidungsfähigkeit anhand der Morphologie bzw. Anatomie und befähigt letztendlich zur Klassifikation von Organismen (vgl. Blaseio, 2015, S. 18f.).

Heute unterstützen Bestimmungsschlüssel, „in denen in der Regel alle in einer Region vorkommenden Pflanzen inklusive [...] zusätzlicher taxonomischer, morphologischer, ökologischer und biogeographischer Angaben aufgelistet [sind]“ (Gemeinholzer, 2018, S. 24), Arteninteressierte und -expert*innen bei der Identifikation. Die Bandbreite reicht dabei von klassischen textbasierten dichotomen oder polytomen Schlüsseln über reine Bildbände oder grafisch unterstützte Flussdiagramme bis hin zu synoptischen Tabellen (Feketitsch, 2013; Malicky, 2019). Besonders bewährt haben sich dichotome Bestimmungsschlüssel. Sie sind hierarchisch aufgebaut und erlauben in jedem Bestimmungsschritt nur eine Entscheidung zwischen zwei alternativen Merkmalen. Auswahl und Reihenfolge der Merkmale sind dabei fest vorgegeben. Die einzelnen Schritte sind über ein Zahlensystem miteinander verbunden, mit deren Hilfe die anwendende Person durch den Bestimmungsschlüssel navigiert. Jede Art besitzt somit einen spezifischen Pfad durch den aufgespannten binären Entscheidungsbaum (Walter & Winterton, 2007). Das schrittweise Verfolgen von Merkmalskombinationen führt präzise zur gesuchten Art (vgl. Malicky, 2019, S. 144). Allerdings bestehen die Merkmalsbeschreibungen in rein textbasierten Bestimmungsschlüsseln häufig aus verkürzten Sätzen und abgekürzten Fachausdrücken, weshalb Kenntnisse über Fachvokabular und die allgemeine Morphologie der zu bestimmenden Organismengruppe Grundvoraussetzungen für den sicheren Umgang mit dichotomen Schlüsseln sind (vgl. Feketitsch, 2013, S. 11).

Durch fortschreitende Entwicklungen in den Bereichen künstliche Intelligenz, visuelle Objektkategorisierung und maschinelles Lernen ist nunmehr eine vollautomatische Artenbestimmung anhand von Fotos möglich (vgl. Wäldchen et al., 2018, S. 2). Die hieraus resultierende Entwicklung von Bestimmungssapps und die allgegenwärtige Verfügbarkeit von digitalen Endgeräten führen dazu, dass diese zuvor spezifische Anwendungsmöglichkeit heutzutage einer breiten Masse zugänglich ist und somit die klassische Artenbestimmung revolutioniert (Groß, 2018; Wäldchen et al., 2016). Bei der automatischen Fotoerkennung wird die Ähnlichkeit zwischen aufgenommenen Bildern und entsprechenden Datenbankinformationen abgeschätzt (Rzanny et al., 2017; Wäldchen & Mäder, 2018). Abhängig von der verwendeten App und der ermittelten Bestimmungsgenauigkeit wird entweder direkt der Artname oder eine sortierte Liste mit möglichen Ergebnissen präsentiert, aus der die passende Art ausgewählt werden kann. Dabei ist die Qualität und Perspektive der Fotos von entscheidender Bedeutung für den Bestimmungserfolg (Jones, 2020; Rzanny et al., 2022). Zu diesen Apps zählen z.B. *Flora Incognita*, *PlantNet*, *iNaturalist* und *Naturblick*.

Gleichzeitig existiert eine geringe Zahl an Bestimmungssapps, die eine manuelle Bestimmung anbieten. Dabei unterstützen häufig Skizzen den*die Nutzer*in bei der Auswahl von passenden Merkmalen und reduzieren so die Verwendung von Fachtermini. Diese Apps stellen in Abhängigkeit der ausgewählten Merkmale eine Ergebnisliste bereit und funktionieren nach dem Prinzip einer synoptischen Tabelle. Je mehr Merkmale markiert werden, desto weniger Treffer werden angezeigt. Es obliegt auch hier dem*der Nutzer*in, das richtige Ergebnis auszuwählen (Schmidt, 2021). Als Beispiele sind *Naturblick* und *Krautfinder Basic* zu nennen.

Mit Blick auf die Downloadzahlen in den Appstores wird allerdings die geringe Akzeptanz der manuellen im Vergleich zu den automatischen Bestimmungssapps deutlich. Unabhängig von der angewandten Methode und der eingesetzten App bleiben das genaue Betrachten des Originalobjekts und die Auseinandersetzung mit seinen Merkmalen für eine Bestimmung auf Artniveau weiterhin notwendig (vgl. Schmidt, 2021, S. 168).

Vor allem die automatische Identifikation verleitet zu einer geringen intensiven Auseinandersetzung mit den Realobjekten, indem einfach der erste Vorschlag aus der Ergebnisliste als richtig akzeptiert wird (vgl. Schmidt, 2021, S. 170). Dennoch kann der Einsatz von Bestimmungsapps in der Lehramtsausbildung „didaktische Möglichkeiten eröffnen, der Natur direkt und digital zu begegnen“ (Schmidt, 2021, S. 171).

3 Lehrkonzept und didaktisch-methodische Hinweise

3.1 Curricularer Kontext und pandemiebedingte Anpassung des Lehr-Lern-Settings

Die Übungseinheiten der Biologie-Vertiefung für Sachunterrichtsstudierende finden wöchentlich vorlesungsbegleitend statt und umfassen pro Thema (z.B. „Laub- und Nadelbäume im Sachunterricht“) drei Zeitstunden. Der Ablauf folgt dabei einem einheitlichen Schema. Den Studierenden werden vorab Materialien über einen digitalen Lernraum zur Verfügung gestellt, mit denen sie sich vorbereitend auseinandersetzen sollen, um einen ersten Einblick in das neue Themengebiet zu erhalten. Die Kurstage gliedern sich in einen von den Dozierenden vorbereiteten fachwissenschaftlichen und einen durch die Studierenden ausgearbeiteten fachdidaktischen Teil. In der ersten Phase (90 min) lernen die Studierenden fachspezifische Arbeitsweisen des sachunterrichtlichen Bezugsfachs Biologie kennen und wenden sie selbst an, um insbesondere Fachwissen zu erschließen. Im zweiten Teil der Übungseinheit (90 min) werden zum Thema passende didaktisch-methodische Schwerpunkte durch Studierendengruppen als Referat vorgestellt, die im Kontext des Sachunterrichts Anwendung finden. Als Prüfungsleistung sollen die jeweiligen Gruppen einen Unterrichtsentwurf zum Thema der Übungseinheit auf Grundschulniveau erstellen, das Geplante in einer Unterrichtssimulation erproben, abschließend einen didaktischen Kommentar ausarbeiten und die Durchführung – auch mithilfe des Feedbacks durch die Kommiliton*innen und Dozierenden – kritisch reflektieren.

Während der Coronapandemie wurde die universitäre Lehre vollständig in den *Uni@home*-Modus versetzt, was zu weitreichenden Anpassungen des Kursablaufs führte: Onlinelehrveranstaltungen, die mit der Software *Zoom* durchgeführt werden, ersetzen fortan die Präsenzübungen. Die Modifizierung der existierenden Übungsmaterialien ermöglicht nunmehr eine eigenständige Bearbeitung der fachwissenschaftlichen Themen durch die Studierenden. Sie wird über anzufertigende Ausarbeitungen oder zu bestehende Quiz kontrolliert. Die Referate zu den didaktisch-methodischen Schwerpunkten werden von den Studierendengruppen als vertonte Präsentationen ausgearbeitet und enthalten zusätzlich Informationen (z.B. tabellarischer Verlaufsplan) zur geplanten Unterrichtsstunde. Die Unterrichtssimulationen werden durch anzufertigende Videos ersetzt, welche die Erarbeitungsphase und den Einsatz der selbst erstellten Unterrichtsmaterialien verdeutlichen sollen. Den Kursteilnehmer*innen werden alle Materialien einer Gruppe vor der zugehörigen *Zoom*-Sitzung mit der Aufgabe bereitgestellt, sich kritisch mit ihnen auseinanderzusetzen. In den synchronen Online-Sitzungen werden zwar abschließend Fragen zu den fachwissenschaftlichen Inhalten erörtert, aber vornehmlich die Unterrichtsentwürfe der Studierendengruppen diskutiert, um ihnen ausreichend Feedback für die schriftliche Ausarbeitung des Unterrichtsentwurfs zu geben.

Es zeigt sich jedoch, dass die Studierenden bei den durchgeführten Bestimmungsübungen, z.B. zu Vögeln, Blütenpflanzen oder Laub- und Nadelbäumen, große Schwierigkeiten haben und die Bestimmungskompetenzen hinter den Erwartungen zurückbleiben.

3.2 Begründung des Bestimmungsobjekts

Bäume und insbesondere Wälder als Vegetationsform von geschlossen auftretenden Bäumen (vgl. Schwedt, 2021, S. 15) mit eigenständigem Innenklima (vgl. Kunze & Blanck, 2021, S. 1) sind nicht nur Sauerstoffproduzenten und leisten einen Beitrag zur Klimaregulierung (vgl. Europäische Kommission, 2020, S. 11). Vielmehr stellen sie mit ihren komplexen biologischen Wechselwirkungen zwischen Organismen untereinander und ihrer Umwelt eine Vielzahl von Ökosystemleistungen zur Verfügung, die essenziell für das menschliche Leben sind (vgl. Europäische Kommission, 2020, S. 27; Scherer-Lorenzen, 2020, S. 7). Grundlegend für die Sicherung dieser Ökosystemfunktionen ist die biologische Vielfalt, zu der ein diversifizierter Baumartenbestand einen wertvollen Beitrag leistet (vgl. Horgan et al., 2014, S. 6; vgl. auch BMEL, 2021; Bütler et al., 2020; Körner, 2020).

Baumarten sind daher einer der klassischen Lerngegenstände des Sachunterrichts (GDSU, 2014; MSB NRW, 2021), sodass an Grundschulen die meisten Biodiversitätsprojekte zum Thema Wald durchgeführt werden (vgl. Kelemen-Finan & Dedova, 2014, S. 221). Infolgedessen beruhen nicht selten selbst Artenkenntnisse von Erwachsenen auf der eigenen Grundschulzeit (vgl. Feketitsch, 2013, S. 2).

Schüler*innen begegnen Bäumen in für ihre Entwicklung wichtigen Erfahrungsräumen, wie auf Spielplätzen oder dem Schulgelände (Lindemann-Matthies, 2002, 2006), und integrieren sie in ihre spielerischen Aktivitäten (Blinkert et al., 2008). Des Weiteren sind sie standortgebunden und besitzen aus morphologischer Sicht eine Vielzahl an charakteristischen Unterscheidungsmerkmalen, die ohne Hilfsmittel betrachtet werden können. Eine Identifizierung ist daher häufig allein aufgrund der Unterschiede in der Morphologie der Laubblätter oder durch die Kombination mit weiteren Merkmalen möglich (vgl. Feketitsch, 2013, S. 22). Für Laubbäume liegt dabei ein potenzieller Bestimmungszeitraum von einem dreiviertel Jahr vor, während Nadelbäume größtenteils ganzjährig identifiziert werden können (vgl. Feketitsch, 2013, S. 4).

In der Forschungsliteratur lassen sich in Bezug auf Pflanzen zwar kaum Untersuchungen zu Ordnungskriterien von Studierenden finden; allerdings konnte bei Schüler*innen nachgewiesen werden, dass sie Pflanzen vornehmlich nach ihrem Aussehen gruppieren (Krüger & Burmester, 2005). Sie nutzen folglich bereits Kriterien, die auch in gängigen Bestimmungsschlüsseln Anwendung finden (vgl. Feketitsch, 2013, S. 4), weshalb die Grundlage für eine systematische Einordnung von Laub- und Nadelbäumen bereits intuitiv vorhanden ist und als Anknüpfungspunkt dienen kann.

Aus diesen Gründen und wegen der zuvor skizzierten Relevanz von Artenkenntnis für den Erhalt der Biodiversität wurden für die Übungseinheit zum Thema Laub- und Nadelbäume ein neues Lehrkonzept sowie neue didaktische Materialien ausgearbeitet, um den häufig geringen Bestimmungskompetenzen entgegenzuwirken.

3.3 Lernziele der Übungseinheit

Folgende Lernziele werden mit dem nachfolgend vorgestellten Lehrkonzept verfolgt:

Die Studierenden ...

- können die vorgestellten Unterscheidungskriterien der Blattmorphologie unter Verwendung geeigneter Fachsprache *benennen*, indem sie Realobjekten die Merkmalsbezeichnungen *zuordnen*.
- können die häufigsten in Deutschland vorkommenden Laubbäume anhand von Merkmalskombinationen auf Artniveau *beschreiben*.
- können die häufigsten in Deutschland vorkommenden Nadelbäume anhand von Merkmalskombinationen auf Gattungsniveau *beschreiben*.
- *erweitern* und *trainieren* ihre Bestimmungskompetenz, indem sie mit Hilfe von Bestimmungsapps und einem inhaltlich reduzierten, digitalen, dichotomen Bestimmungsschlüssel selbstständig Baumarten *bestimmen*.

- können die Bestimmungsergebnisse sowie die einzelnen Bestimmungsschritte des dichotomen Schlüssels übersichtlich *dokumentieren*, indem sie die Formatvorlage benutzen oder eine eigene Darstellung *entwerfen*.
- können vorgegebene Bestimmungsmerkmale in ausreichender Qualität *fotografieren*, indem sie Bestimmungen mit automatischen Bestimmungsapps auf eigenen digitalen Endgeräten *durchführen*.
- *nehmen* die Artenvielfalt der Bäume *wahr* und *entwickeln Interesse* an der Artenbestimmung, indem sie sich mit den Realobjekten und den digitalen Bestimmungshilfen *auseinandersetzen*.

3.4 Ablauf der Übungseinheit und didaktische Begründungen

3.4.1 Vernetzung der naturwissenschaftlichen und historischen Perspektive durch den Kontext „Alexander von Humboldts südamerikanische Forschungsreise“

Die Übungseinheit wird mit Alexander von Humboldts Forschungsreise in den Jahren 1799 bis 1804 durch Südamerika in Verbindung gebracht. Erst hierdurch ergibt sich der im Titel angedeutete Vergleich zwischen der botanischen Feldarbeit zu Humboldts Zeiten (vgl. Lack, 2003, S. 496) und dem heute möglichen Einsatz von bildauswertenden Apps als Bestimmungshilfe (Wäldchen et al., 2018). Auch wenn sich Humboldts Naturinteresse universal gestaltete und sein Kollege Bonpland nachweislich einen Großteil der Pflanzensammlung zusammengetragen hat (vgl. Lack, 2003, S. 508), wurde dennoch Humboldts Name in das Motto der Übungseinheit aufgenommen. Zum einen wurde ihm als einem der weltweit bekanntesten deutschen Naturforscher mehr Zugkraft beigemessen, um die Studierenden für das Thema zu begeistern. Zum anderen rückt „im Zeitalter der Globalisierung, des Klimawandels und der wachsenden Bedeutung eines ökologischen Bewusstseins“ seine Idee der „interdisziplinär, kosmopolitisch und transareal“ ausgerichteten sowie weltweiten vernetzten Forschung in den Fokus der Wissenschaft (Simonis, 2016, S. 14). Außerdem ermöglicht die alliterierende Überschrift, die Erinnerung an die Übungseinheit zu verbessern (Brooke Lea et al., 2008). Gleichzeitig kann die Verknüpfung von Geschichte und Biologie den Kursteilnehmer*innen als Beispiel für die im Sachunterricht präsente Vielperspektivität dienen (GDSU, 2014). Die Verzahnung von historischem Ereignis und fachwissenschaftlichem Inhalt zeigt außerdem auf, wie schwierig die Bestimmung von Pflanzen zu dieser Zeit war und auch heute noch ist, trotz oder gerade wegen umfangreicher Bestimmungsschlüssel, deren Anwendung eine gewisse Einarbeitung und den sicheren Umgang mit Fachbegriffen erfordert (vgl. Wäldchen & Mäder, 2018, S. 507).

3.4.2 Screencast als Einstieg in die Übungseinheit

Bei der Medien-/Materialerstellung ist zu beachten, dass die meisten Studierenden, wie einleitend skizziert, eine eher geringe Artenkenntnis und Bestimmungskompetenz aufweisen. Dementsprechend zugänglich sind die Materialien gestaltet. Aufgrund der isolierten Lernsituation wurde zur Vermittlung des fachwissenschaftlichen Inhalts ein Screencast³ (vgl. Online-Supplement 1⁴) erstellt (vgl. Schritt 1 in Abb. 1 auf der folgenden Seite, Kap. 2.1 sowie Kap. 3.5), der als Einleitung in das Thema dient.

³ Aufgrund der uneinheitlichen Klassifikation in der Literatur wird in diesem Beitrag für das erstellte Video der Begriff *Screencast* verwendet, auch wenn das Alleinstellungsmerkmal dieses Videotyps, das Aufnehmen des eigenen Bildschirms während des Produktionsprozesses, nur an einigen Stellen eingesetzt wurde und das Gezeigte an einigen Stellen über das klassische Screencast-Format hinaus geht. Angesichts der vielfachen Verwendung von vertonten PowerPoint-Folien und des für die Zuschauer*innen allein anhand des Endproduktes nicht nachvollziehbaren Entstehungsprozesses ist es dennoch legitim, diesen Begriff zu gebrauchen.

⁴ Der Screencast wird in diesem Beitrag lediglich als pdf-Dokument und in einer gekürzten Version zur Verfügung gestellt. Da u.a. die verwendeten Ausschnitte aus Terra X-Folgen (s.u.) und die Musik (s.u.) keiner CC-BY-SA-Lizenz unterliegen, würde die Veröffentlichung des gesamten Screencasts die geltenden Richtlinien bzgl. Urheberrecht verletzen.



Abbildung 1: Verlaufschaema (eigene Darstellung; [1] & [2] Flora Incognita; <https://floraincognita.de/downloads/screenshots-icons/>)

Um unterschiedlichen Lerntypen gerecht zu werden (Bazhin, 2017), haben die Kursteilnehmer*innen aber ebenso Zugriff auf die Folien des Screencasts als pdf-Dokument. Einleitend werden einige grundlegende Informationen über Humboldt vermittelt. Über die Schwierigkeiten, denen Humboldt und Bonpland beim Sammeln, Bestimmen und Dokumentieren von Pflanzen begegneten (Lack, 2003), erfolgt der erste Verweis auf die Entwicklung des Smartphones, das viele der damaligen Probleme lösen kann.

Im fachwissenschaftlichen Teil werden zunächst verschiedene Bestimmungsmerkmale (Blatt, Blüte, Frucht, Borke, Wuchsform) von Laub- und Nadelbäumen vorgestellt und anhand von Fotos illustriert. Anschließend erfolgt eine vertiefende Thematisierung der Blattmorphologie. Merkmale, die Baumarten in größere Gruppen unterteilen, wie z.B. die Blattstellung oder der Blattaufbau, werden aufgrund ihrer Relevanz, neben Fotos, zusätzlich durch Schwarz-Weiß-Zeichnungen illustriert (vgl. Feketitsch, 2013, S. 43). Die Studierenden erhalten dadurch nicht nur einen Einblick in die Klassifikationsgrundlage dichotomer Bestimmungsschlüssel, sondern lernen gleichzeitig auch schematische Zeichnungen kennen, die ebenfalls häufig Anwendung in Schlüsseln finden. Artenspezifische Besonderheiten unterer Hierarchieebenen, wie z.B. eine behaarte Blattoberseite oder Drüsen am Blattstiel, werden nur durch Fotos beschrieben, da zeichnerische Darstellungen in diesen Fällen für unerfahrene Lerner*innen zu ungenau sind. Sowohl Kriterien als auch ihre einzelnen Ausprägungen werden im Screencast didaktisch reduziert und fallen nicht so umfangreich aus wie zum Beispiel im detaillierten Bestimmungsschlüssel *Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland* (Müller et al., 2016). Stattdessen werden die vorgestellten Blattmerkmale aus dem dichotomen Bestimmungsschlüssel *Eikes Baumschule* entnommen, der im Rahmen einer Dissertation speziell für den Einsatz in der Grundschule entwickelt wurde (Feketitsch, 2013).

Die Begriffsabgrenzungen in Bezug auf ein Merkmal lesen sich in Bestimmungsbüchern zwar gut; die tatsächliche Zuordnung ist jedoch im Einzelfall oft schwierig (vgl. Aichele & Schwegler, 2000, S. 177). Aus diesem Grund sollen die Studierenden nach der Vorstellung verschiedener Blattränder einen Selbsttest durchführen. Hierbei werden vier unterschiedlichen Blatträndern durch Ankreuzen die passenden Bezeichnungen zugeordnet. Da der Screencast über die Open-Source-Software *H5P*⁵ in den digitalen Lern-

⁵ *H5P* ist ein Plugin für bestehende Web-Content-Management-Systeme, das die Erstellung von interaktiven Inhalten ermöglicht, wie z.B. interaktive Videos, Präsentationen, Spiele oder Quiz (H5P, o.J.).

raum integriert wird, kann der Test direkt im Video implementiert werden. Den Lernenden wird so eine interaktive und individuelle Verarbeitung des Videoinhalts ermöglicht, die sich positiv auf den Lernerfolg auswirken kann (vgl. Findeisen et al., 2019, S. 30).

Lehrevaluationen aus den ersten beiden *Uni@home*-Semestern am Standort zeigen, dass den Studierenden das Unterscheiden von Nadelbäumen besonders schwerfällt. Auch wenn der Nadelaufbau aus taxonomischer Sicht eine bedeutende Rolle spielt und die Morphologie oft bei der Bestimmung einzelner Arten Anwendung findet (vgl. Zinka, 1995, S. 76), werden in der Einheit für Nadelbäume nur Kriterienkombinationen vorgestellt, mit deren Hilfe sich ihre Gattung eindeutig identifizieren lässt. Dadurch wird das umfangreiche Themengebiet der Übungseinheit weiter didaktisch reduziert, um eine inhaltliche Überforderung der Lerner*innen zu vermeiden. Ausgewählt wurden die Baumartengruppen der Fichte, Kiefer, Lärche, Douglasie, Tanne und Eibe. Sie sind aufgrund ihrer Standortflächenverteilung die am häufigsten in deutschen Wäldern vorkommenden Nadelbäume (vgl. BMEL, 2016, S. 35). Der Unterscheidung von Fichte und Tanne kommt eine besondere Bedeutung zu, da Bäume mit Nadeln und Zapfen häufig für Tannenbäume gehalten werden, obwohl es sich dem Artenbestand Deutschlands zufolge meistens um eine Fichte handelt (vgl. Dorber & Schelenz, 1997, S. 11).

Die Kursteilnehmer*innen erhalten im Screencast eine tabellarische Übersicht über die Funktionsvielfalt der Bestimmungssapps. Da im Bereich des nomopragmatischen Wissens (vgl. Schellenbach-Zell et al., 2019, S. 161f.) bisher kaum Erkenntnisse darüber vorliegen, wie und vor allem welche Bestimmungssapps unterrichtlich kontextualisiert werden können (vgl. Beudels et al., 2021, S. 154), wurden die fünf Applikationen *Flora Incognita*, *iNaturalist*, *Krautfinder Basic*, *Naturblick* und *PlantNet* aus dem App-Angebot des Google-Play-Stores bzw. Apple-App-Stores ausgewählt. Pandemiebedingt, aber ebenso im Sinne des *Bring-Your-Own-Device*-Ansatzes (BYOD), der sich positiv auf den Lernerfolg und die Motivation der Studierenden auswirken kann (Safar, 2018), nutzen die Kursteilnehmer*innen ihre eigenen Endgeräte. 99 Prozent der Jugendlichen zwischen 18 und 19 Jahren besitzen ein Smartphone (mpfs, 2019), weshalb auch unter Studierenden nur in Ausnahmefällen eine Anpassung des Arbeitsauftrages nötig sein dürfte. Um allen Studierenden das Arbeiten mit den Apps zu ermöglichen, ist jede App kostenlos für Android bzw. iOS verfügbar und auf älteren Versionen der Betriebssysteme sowie Tablets lauffähig. Darüber hinaus bieten alle eine deutsche Sprachauswahl an. Weitere Auswahlkriterien orientieren sich an von Studierenden subjektiv empfundenen produkt-eigenschaftsbezogenen Vorteilen von Bestimmungssapps (vgl. Beudels et al., 2021, S. 150), wie der Einfachheit der Bedienung, einem ansprechenden Design und der Art des Bestimmungsprozesses (manuell bzw. automatisch). Die getroffene Appauswahl entspricht damit den Empfehlungen des Lehrstuhls Didaktik der Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München im Rahmen des Projektes „Biodiversität im Schulalltag“ (BISA; LMU München, o.J.).

Automatisierte Bestimmungssapps laufen nicht isoliert auf dem Smartphone, sondern verknüpfen ihre Dienste funktionsbedingt mit Online-Datenbanken und erfordern somit eine ständige Internetverbindung (Wäldchen et al., 2018). Demzufolge ist vor ihrem Einsatz eine Prüfung der benötigten Appberechtigungen und der Verwendung von personenbezogenen Daten erforderlich, um die Richtlinien der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) einzuhalten (Medienberatung NRW, 2019). Aus diesem Grund benötigen alle ausgewählten Apps nur die für die Bestimmung notwendigen Funktionsberechtigungen, d.h. Zugriff auf den Telefonspeicher und die Kamera. Der Zugriff auf Standortinformationen verbessert bei einigen Apps zwar die Bestimmungsgenauigkeit (vgl. Wäldchen et al., 2016, S. 122) und fügt den eigenen Beobachtungen optionale Positionsangaben hinzu; dennoch kann diese Berechtigung ohne Funktionsverlust von der nutzenden Person abgelehnt werden. Alle Apps lassen sich außerdem ohne die Einrichtung eines eigenen Accounts, d.h. ohne Anmeldung, verwenden. Personenbezogene Daten werden so

weitestgehend vermieden. Inwieweit *Social-Media*-Funktionen, wie das Teilen von Beobachtungen und Fotos, im unterrichtlichen Kontext sinnvoll didaktisiert werden können, bleibt in dieser Betrachtung unbeachtet.

3.4.3 Aneignungs- und Anwendungsphase

Die Kursteilnehmer*innen werden in fünf Gruppen zu je zehn bzw. elf Personen eingeteilt.⁶ Jeder Gruppe werden zwei Bestimmungsapps⁷ zugeordnet, die sowohl die Möglichkeit einer manuellen Bestimmung durch das selbstständige Auswählen von Merkmalen als auch die vollautomatische Fotoidentifizierung bieten. Um zu gewährleisten, dass die richtigen Apps eingesetzt werden, und eine niedrige Einstiegshürde zu Beginn der eigenen Erprobung zu schaffen, verlinken QR-Codes im Screencast und im schriftlichen Arbeitsauftrag (vgl. Online-Supplement 2) zu den passenden Downloadseiten der jeweiligen App-Stores.

Da der Einsatz von digitalen Bestimmungshilfen allerdings ohne ein entsprechendes didaktisches Konzept nicht vielversprechender ist als die Nutzung von analogen Bestimmungsschlüsseln oder -büchern (vgl. Lindner, 2014, S. 231), sollten anfänglich Funktionsweisen, Möglichkeiten und Grenzen analoger und digitaler Bestimmungshilfen gemeinsam erarbeitet bzw. zumindest eine Einführung in die Arbeit mit diesen Hilfsmitteln gegeben werden. Aufgrund der beschriebenen Anpassungen des Kursablaufs wurde den Studierenden alternativ eine PowerPoint-Präsentation (vgl. Online-Supplement 3) zur Verfügung gestellt, um die Aneignungsphase (s. Abb. 1) zu unterstützen. Sie stellt die zu testenden Apps kurz vor und weist auf Besonderheiten hin. Als weitere Hilfestellung wurde zusätzlich zu jeder Bestimmungsapp ein Video eingebettet, das die einzelnen Schritte des Bestimmungsprozesses zeigt. Die weitere Auseinandersetzung der Studierenden mit den Apps erfolgt durch Probebestimmungen. Hierfür werden entweder selbst gewählte Pflanzen/Bäume genutzt oder es wird auf die im Screencast bereitgestellten Fotos von Laubblättern zurückgegriffen. Sie lassen sich für eine automatisierte Bestimmung direkt vom Bildschirm abfotografieren. Auch wenn in diesem Lehrkonzept keine kritische Auseinandersetzung mit den Bestimmungshilfen stattfindet (s. auch Diskussion in Kap. 5), lassen Ergebnisse von Beudels et al. (vgl. 2021, S. 150) darauf schließen, dass Lehramtsstudierende dennoch in der Lage sind, die wesentlichen Vor- und Nachteile von Bestimmungsapps selbst zu erfassen. Nachteile bei ihrer Nutzung sehen sie vornehmlich in der weniger intensiven Auseinandersetzung mit dem Originalobjekt sowie in der Vernachlässigung von fachspezifischen Arbeitsweisen, wie genauem Betrachten oder dem Herausstellen spezifischer Merkmale durch kriteriales Vergleichen.

Mit dem Hintergrundwissen aus dem Inputmaterial erhalten die Studierenden im Anschluss die Aufgabe, fünf Laub- und zwei Nadelbäume in ihrer näheren Umgebung zu finden und mit Hilfe der ihnen zugewiesenen Bestimmungsapps zu identifizieren. Zeitgleich sollen sie sich intensiv mit dem Realobjekt in Bezug auf die im Screencast vorgestellten Blattmorphologiemerkmale auseinandersetzen und so der Vernachlässigung von fachspezifischen Arbeitsweisen entgegenwirken. Zusätzlich werden Fotos vom Blatt, von der Borke sowie entweder von der Blüte, der Frucht oder der Wuchsform für die abschließende Abgabe aufgenommen. Um den Lerner*innen ebenfalls einen Eindruck der für Deutschland typischen Laubbäume zu vermitteln, werden drei Gattungen vorgegeben. Da die Vegetation an den Wohnorten der Studierenden heterogen ausfällt und nicht sichergestellt ist, dass geforderte Artengruppen anzutreffen sind, werden insgesamt sieben Gattungen zur Auswahl gestellt, um die Suche zu erleichtern: Ahorn, Birke, Buche, Eiche, Kastanie, Linde, Ulme. Wünschenswert sind an dieser Stelle Arten der Buche, der Eiche und des Ahorns, da z.B. Spitz- und Bergahorn oder Stiel- und Traubeneiche bereits in der begleitenden Vorlesung angesprochen werden. Die zwei weiteren

⁶ Die Gruppengrößen sind je nach Teilnehmer*innenanzahl individuell anpassbar. Die Angaben beziehen sich auf die Gruppengrößen im hiesigen Evaluierungssetting.

⁷ Die Gruppen unterscheiden sich also dadurch, dass sie mit unterschiedlichen Bestimmungsapps arbeiten.

Laubbäume können frei von den Kursteilnehmer*innen gewählt werden. Die beiden Nadelbäume sind durch die vorgestellten Gattungen festgelegt. Empfohlen werden Arten der Fichte und Tanne, um die wichtige Unterscheidung erneut aufzugreifen. Als Anhaltspunkte für die Baumsuche dienen den Studierenden die zahlreichen im Screencast zu findenden Art- und Gattungsbeispiele.

3.4.4 Vertiefungs-, Dokumentations- und Selbstkontrollphase

Für die formative, schriftliche Leistungsüberprüfung (unbenotet) bezüglich dieser Übungseinheit setzen sich die Kursteilnehmer*innen nach der Outdoor-Aktivität vertiefend mit der Blattmorphologie auseinander, indem sie für ihre untersuchten Laubbäume eine manuelle Bestimmung mithilfe des online kostenlos verfügbaren HTML-basierten Bestimmungsschlüssels *Eikes Baumschule* (Pädagogische Hochschule Karlsruhe, o.J.) durchführen. Dabei notieren sie die abgefragten Merkmale je Bestimmungsschritt. Die im Screencast beschriebene Morphologie von Blättern, die anschließend eigenständig an Originalobjekten betrachtet und wiederentdeckt werden kann, soll durch die aktive Wiederholung verinnerlicht und gesichert werden (vgl. Lauer, 2020, S. 80). Trotz der didaktischen Reduktion und des Einsatzes von vereinfachten Zeichnungen im Bestimmungsprozess verdeutlicht diese Bestimmungshilfe anschaulich den Umgang mit dichotomen Bestimmungsschlüsseln. Da das Arbeiten mit solchen Schlüsseln erst erlernt werden muss, kann es von Vorteil sein, dass den Studierenden die genaue Baumart durch die Appbestimmung bereits bekannt ist. So lassen sich Fehlbestimmungen vermeiden, die durch ungenaue oder falsch interpretierte Betrachtungen an Realobjekten auftreten können. Die jeweiligen Bestimmungsmerkmale sowie die drei aufgenommenen Fotos je Laubbaum werden für die Abgabe zusammengefügt (vgl. Abb. 2). Für Nadelbäume sind die Fotos ausreichend, d.h., Identifikationsmerkmale müssen für sie nicht verschriftlicht werden. Den Kursteilnehmer*innen bleibt es dabei selbst überlassen, für die Ausarbeitung entweder ein eigenes Layout zu entwerfen oder auf die zur Verfügung gestellte PowerPoint- bzw. pdf-Vorlage zurückzugreifen (vgl. Online-Supplement 4). So werden zum einen der Workload der Studierenden reduziert und zum anderen eigene kreative Lösungen ermöglicht.

Bestimmung Laubbäume					
Abgabe von: Sven Hanses					
Art: Rosskastanie	Bestimmungsdatum: 19.05.21				
					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Identifikationsmerkmale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Blattaufbau: Zusammengesetztes Blatt</td> </tr> <tr> <td>Blattstellung: Gegenständig</td> </tr> <tr> <td>Blattanordnung: Gefingert</td> </tr> </tbody> </table>		Identifikationsmerkmale	Blattaufbau: Zusammengesetztes Blatt	Blattstellung: Gegenständig	Blattanordnung: Gefingert
Identifikationsmerkmale					
Blattaufbau: Zusammengesetztes Blatt					
Blattstellung: Gegenständig					
Blattanordnung: Gefingert					

Abbildung 2: Beispiel für die Dokumentation eines Bestimmungsergebnisses mithilfe der zur Verfügung gestellten Vorlage (eigene Fotos und Darstellung)

Die Lerner*innen erhalten durch die Nutzung von Bestimmungssapps und -schlüssel sowohl einen Einblick in die manuellen als auch in die teil- bzw. vollautomatisierten Bestimmungsmöglichkeiten. *Eikes Baumschule* bietet zwar ebenfalls einen Bestimmungsschlüssel für Nadelbäume; aufgrund der lediglich vorgestellten Gattungsmerkmale wird

aber auf eine manuelle Bestimmung verzichtet. Zur abschließenden Selbstkontrolle wird – nach Ablauf der Abgabefrist – eine Musterlösung für 17 typische Laubbäume über den digitalen Lernraum bereitgestellt (vgl. Online-Supplement 5).

3.5 Materialbeschreibung Screencast

Der Screencast⁸ besteht aus einem Vorspann, einem kurzen Einblick in die Entdeckungen und Einflüsse Alexander von Humboldts, dem fachwissenschaftlichen Thementeil „Identifikationsmerkmale von Laub- und Nadelbäumen“, einer Kurzvorstellung der ausgewählten Bestimmungsapps, der Erklärung des Arbeitsauftrages sowie einem Abspann.

Heutzutage reicht es allerdings nicht mehr aus, einfach den eigenen Bildschirm aufzunehmen, um einen guten Screencast zu produzieren (vgl. Jesus & Moreira, 2009, S. 161). Nach Findeisen et al. (2019, S. 30) „wirkt sich die wahrgenommene Ästhetik und Nutzerfreundlichkeit des Designs auf die Emotionen, die Motivation und den Lernerfolg der Lernenden aus“. Als ästhetisches Differenzierungsmerkmal wurde ein modernes Foliendesign entworfen, um die Innovationskraft von Bestimmungsapps zu betonen. Um einen einheitlichen Look des Screencasts zu kreieren, wurden zusätzlich alle Fotos und Videos durch Colorgrading digital nachbearbeitet. Er richtet sich an eine zukunftsorientierte, junge Zielgruppe (vgl. Kohler, 2008, S. 161), die den Kursteilnehmer*innen gemäß ihrem Durchschnittsalter entspricht und den Forschungsergebnissen von Beudels et al. (2021) zufolge oftmals ein persönliches Interesse am Einsatz von Bestimmungsapps hat.

Der Vorspann orientiert sich am Stil des Intros der erfolgreichen britischen BBC-Fernsehserie „Sherlock“ und wird mit der gleichen Musik untermalt. Anstatt der Namen der auftretenden Schauspieler*innen werden Schlagwörter eingeblendet, die den Kursteilnehmer*innen einen Überblick über die Inhalte der Übungseinheit geben. Den Schöpfern, Mark Gatiss und Steven Moffat, ist es mit der Serie gelungen, die Modernität und den Fortschritt, die Sherlock Holmes für seine Zeit – das späte 19. Jahrhundert – repräsentierte, in die heutige Zeit zu übertragen (vgl. Fleischhack, 2015, S. 244). Wie bereits erörtert, gilt dies ebenso für die Wiederentdeckung von Humboldts allumfassendem Forschungsansatz. Historische und literarische Figur stehen gleichermaßen für eine Verknüpfung von Vergangenheit und Gegenwart. Diese Verbindung kann ebenso in der Entwicklungsgeschichte von analogen bis hin zu digitalen Bestimmungshilfen gesehen werden, die mit der vollautomatischen Bildauswertung ihren vorläufigen Höhepunkt erreicht (Wäldchen et al., 2018). Die vorhandene positive Erfahrung von alter literarischer Erzählung im zeitgemäßen Gewand könnte durch die Designanlehnung bei Studierenden, denen die Serie bekannt ist, einen positiven emotionalen Zustand induzieren, der wahrgenommene Aufgabenschwierigkeiten reduziert und eine höhere Verständnis- bzw. Transferleistung ermöglicht (vgl. Plass et al., 2014, S. 10). Darüber hinaus soll der überraschende Einstieg die Aufmerksamkeit der Kursteilnehmer*innen wecken und ein eher informelles Lernsetting bieten, das sich wiederum positiv auf das Engagement der Lernenden auswirken kann (vgl. Findeisen et al., 2019, S. 29; Grebe, 2021, S. 33).

Schriftarten transportieren nicht nur reinen Text, sondern auch mit ihnen verknüpfte Bilder, die wiederum mit emotionalen Assoziationen behaftet sind (vgl. Radtke et al., 2013, S. 171). Daher wurde auf der ersten und letzten Folie des Screencasts die Schriftart verwendet, die im Logo des Elektroautoherstellers Tesla zum Einsatz kommt. Das mit

⁸ Der Screencast wurde mit der kostenlosen Videobearbeitungssoftware *DaVinci Resolve 17* des Videotechnikspezialisten Blackmagic Design (Melbourne, Australien) produziert. Sie vereint Schnitt, Colorgrading, visuelle Effekte, Motion Graphics und Audiopostproduktion in einer Anwendung und bietet somit alle Funktionen, die in der modernen Videopostproduktion zum Einsatz kommen (Blackmagic Design, 2021). Die verwendeten Präsentationsfolien wurden mit *Microsoft PowerPoint 365* erstellt, anschließend als Video exportiert und so in den Screencast eingebunden. Als Kameras kamen Smartphones vom Typ LG G8S ThinQ bzw. Samsung Galaxy S10 Plus zum Einsatz, mit denen alle eigenen Fotos und Videos aufgenommen wurden. Die Vertonung wurde separat über ein Headset eingesprochen und im Schnittprogramm an den entsprechenden Stellen eingefügt.

dem Namen Tesla und insbesondere ihrem CEO Elon Musk verbundene Image des technologischen Fortschritts (Siethoff, 2021) soll so auf die Übungseinheit übertragen werden und den Hightech-Begriff des Mottos unterstreichen.

Für den Einblick in die Entdeckungen und den Einfluss Alexander von Humboldts wird auf die einminütige Zusammenfassung aus der *Terra X*-Folge „Alexander von Humboldt: der erste Wikipedianer?“ (ZDF, 2019a) zurückgegriffen. Um den starren Vortragsstil aufzubrechen, wird an geeigneten Stellen weiteres Videomaterial aus der umfangreicheren *Terra X*-Folge „Humboldt und die Neuentdeckung der Natur“ (ZDF, 2019b) eingebettet. Den Studierenden wird so das Gefühl vermittelt, einen Dokumentarfilm⁹ zu sehen, wodurch die angestrebte informelle Lernumgebung erhalten bleibt und im besten Fall die Rezeptionsfähigkeit der Lernenden durch einen Zuwachs an Welt- und Fachwissen neu fundiert und geschärft werden kann (vgl. Anders et al., 2019, S. 136).

Trotz ihrer Reduzierung dürfte die Vielfalt an vorgestellten Kriterien der Blattmorphologie einigen Studierenden als sehr oder sogar zu umfangreich erscheinen. Um dem Gefühl der Überforderung entgegenzuwirken, wird den Kursteilnehmer*innen verdeutlicht, dass in umfangreicheren Bestimmungsschlüsseln wesentlich mehr Merkmale und entsprechende Ausprägungen zur Artunterscheidung herangezogen werden. Zu diesem Zweck werden auf einer Folie – in Anlehnung an alle bildlich dargestellten Merkmale in *Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland: Gefäßpflanzen: Kritischer Ergänzungsband* (Müller et al., 2016) – viele Bestimmungsmerkmale zusammengefügt. Dabei wird absichtlich eine ungeordnete und überlappende Darstellungsart gewählt, um die Komplexität der analogen manuellen Bestimmung und die enorme Vielfalt an zu unterscheidenden Bestimmungsmerkmalen hervorzuheben. Die reine Anzahl an Merkmalen steht hier im Vordergrund und zeigt auf, dass die bisher besprochene Blattmorphologie nur einen kleinen Ausschnitt der Wirklichkeit widerspiegelt.

Dass die Studierenden angesichts der Fülle an Informationen zur Bestimmung von Laub- und Nadelbäumen aber nicht verzweifeln müssen, wird mit einer, den fachwissenschaftlichen Teil schließenden, Folie repräsentiert. Sie leitet zum Einsatz der Bestimmungssapps über und zeigt Fotos von resigniert wirkenden Personen, von denen eine aber bereits ein Smartphone in den Händen hält. Als Hintergrund dient ein Foto der Bahnstrecke Klewan–Orschw in der Ukraine. Die um die Gleise wachsenden Bäume vermitteln perspektivabhängig den Eindruck eines geschlossenen Tunnels. Die Positionierung der App-Namen rund um das hellere Tunnelende lässt die Apps, in Anlehnung an das bekannte Sprichwort „Licht am Ende des Tunnels“, als ein vielversprechendes Hilfsmittel im komplexen Bestimmungsprozess erscheinen. Durch den metaphorischen Einsatz des Bildes wird die Kernbotschaft der Übungseinheit für die Kursteilnehmer*innen verständlicher und bleibt im Gedächtnis (vgl. Krämer & Böhrs, 2017, S. 255).

Der Abschluss des Videos soll die Studierenden für die anstehende Aufgabe motivieren und kann als Anlehnung an die von den Studierenden zu erstellenden Videos der unterrichtlichen Erarbeitungsphase gesehen werden. Um die derzeitige Lernumgebung der Kursteilnehmer*innen aufzugreifen, wird aus der Abschlussfolie herausgezoomt, sodass ein Notebook auf einem Schreibtisch zu sehen ist, auf dem der Screencast abgespielt wird. Mittels eines Zoom-In-Effekts entsteht für die Zuschauer*innen der Eindruck, von ihren Stühlen direkt in die Natur gezogen zu werden. Der Dualismus des Arbeitsauftrages und der gegenwärtigen Lernsituation wird so hervorgehoben. Unterlegt mit mitreißender Musik und verbunden durch unterschiedliche Übergangseffekte werden zunächst in schneller Schnittfolge einige Baumarten exemplarisch gezeigt. Danach ist ein Waldspaziergang im Zeitraffereffekt zu sehen, in dem die Gattungsbegriffe von Bäumen am

⁹ Dokumentarfilme sind nicht-fiktionale, ästhetisch gestaltete Informationsangebote „über Naturphänomene, Vorkommnisse, Situationen und Ereignisse, [...] [die] auf nachprüfbaren Fakten basieren“ (Kammerer & Kepser, 2014, S. 30, zit. n. Anders et al., 2019, S. 129). Die Themen werden durch filmische Mittel ohne Authentizitätsverlust inszeniert und sollen beim Publikum mehr als bloße Informationsaufnahme bewirken (vgl. Anders et al., 2019, S. 129).

Wegrand eingeblendet werden. Den Lernenden wird dadurch signalisiert, dass das Finden von sieben unterschiedlichen Baumarten nicht zeitintensiv sein muss, was die Akzeptanz der Aufgabe verbessern soll. Das abschließende Bestimmen einer Rotbuche mit Hilfe einer App veranschaulicht die gestellte Aufgabe.

4 Begleitforschung und Ergebnisse

4.1 Fragestellung

Das Konzept und die Materialien wurden mit dem Ziel entwickelt, angehende Sachunterrichtslehrkräfte mithilfe des Einsatzes von Bestimmungsapps beim Erwerb von Artenkenntnis zu unterstützen und sie zu ermutigen, diese Tools bei der Planung und Durchführung des eigenen, zukünftigen Unterrichts zu berücksichtigen. Um diesbezüglich eine umfassende Rückmeldung der Kursteilnehmer*innen zu erhalten, werden die nachfolgenden Fragestellungen untersucht.

- (F1) *Beurteilung des Materials und subjektiv empfundener Wissenszuwachs:*
Halten die Studierenden das Material für strukturiert bzw. anschaulich und sind die bereitgestellten Informationen für sie ausreichend? Ist die Verknüpfung des Themas mit Alexander von Humboldt in ihren Augen sinnvoll? Wie schätzen sie selbst ihren Zuwachs an Fachwissen bezüglich Bestimmungsmerkmalen, Laub- und Nadelbäumen sowie Wissen über Bestimmungsapps ein?
- (F2) *Motivation und situationales Interesse:*
Motiviert der Screencast die Studierenden, sich mit dem Thema der Übungseinheit auseinanderzusetzen, und weckt er ein hohes situationales Interesse an den Inhalten der Übungseinheit?
- (F3) *Bestimmungsapps in der universitären Ausbildung:*
Sind den Studierenden Bestimmungsapps bereits im Vorfeld der Gesamtveranstaltung bekannt? Wie gefällt ihnen das Arbeiten mit Apps und welche Bestimmungsmethode bevorzugen sie aus welchem Grund? Wie bewerten sie ihren Einsatz im Lehramtsstudium und welche Gründe sprechen dafür oder dagegen?
- (F4) *Bestimmungsapps im eigenen Unterricht:*
Können sich die Studierenden den Einsatz von Bestimmungsapps in ihrem eigenen Unterricht vorstellen und welche Gründe sprechen dafür oder dagegen? Für wie geeignet halten sie die vorgestellten Apps für einen Einsatz in der Grundschule?

4.2 Untersuchungsdesign, Messinstrument und Auswertungsmethodik

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Querschnittsuntersuchung unter Verwendung eines Online-Fragebogens durchgeführt. Die Daten wurden mithilfe des Befragungstools *SoSci Survey* (Leiner, 2019) erhoben. Dabei wurde für jedes Item die Erinnerungsfunktion aktiviert, sodass keine Fehlwerte bei den Antworten auftraten. Die zur Verfügung stehende Bearbeitungszeit der Übungseinheit umfasste vier Wochen, in der auch der Fragebogen freigeschaltet war. Ein Aufruf zur Teilnahme inklusive der Zurverfügungstellung des Weblinks zum Fragebogen erfolgte über den Screencast sowie über die Ankündigungsfunktion des digitalen Lernraums. Zusätzlich wurde in einer *Zoom*-Präsenzveranstaltung, in der Fragen zur Übungseinheit geklärt werden konnten, auf den Fragebogen hingewiesen.

Neben soziodemographischen Strukturdaten (Geschlecht, Alter, Studienfach und Fachsemester) der Studierenden wurden die Anzahl der im Vorfeld der Lehrveranstaltung bekannten Bestimmungsapps und Kenntnisse über Humboldt und seine For-

schungsergebnisse erfasst. Die namentliche Nennung der persönlich bekannten Bestimmungsapps erfolgte mittels einer Hybridfrage, bei der die in der Übungseinheit eingesetzten Apps vorgegeben wurden und die Studierenden zusätzlich eigene Angaben machen konnten. Zur Beantwortung der meisten Forschungsfragen kamen trichotomische Fragen mit den Antwortmöglichkeiten „Ja“, „Nein“ und „Ich bin mir unsicher“ zum Einsatz. Die absolute und relative Häufigkeit aller geschlossenen Antworten wurden mittels *Microsoft Excel* ausgewertet.

Die Abfrage der bevorzugten Bestimmungsmethode, des Einsatzes von Bestimmungsapps in der Lehramtsausbildung sowie des Einsatzes im eigenen Unterricht erfolgte anhand von offenen Fragen, um den Teilnehmer*innen individuelle Aussagen zu ermöglichen (vgl. Rindermann, 2003, S. 241) und eine Lenkung der Befragten zu vermeiden (vgl. Porst, 2014, S. 67).

Die Angaben zum subjektiv empfundenen Zuwachs an Fachwissen bezüglich Bestimmungsmerkmalen, Laub- und Nadelbäumen (Eigenkonstruktion, 3 Items) bzw. Wissen über Bestimmungsapps (1 Item) und das situationale Interesse an den Inhalten der Übungseinheit in den Subskalen emotional, epistemisch und wertbezogen (je 4 Items; adaptiert von den durch Beudels et al. (2022) validierten Skalen; vgl. Tab. 2) erfolgten mittels fünfstufiger Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“ bis 5 = „stimmt völlig“). Eine fünfstufige Likert-Skala wurde ebenso bei der Frage, wie den Studierenden das Arbeiten mit Bestimmungsapps gefallen hat (1 = „gar nicht gefallen“ bis 5 = „sehr gut gefallen“), und der Einschätzung der Eignung der vorgestellten Apps für den Unterrichtseinsatz (1 = „gar nicht geeignet“ bis 5 = „völlig geeignet“) benutzt.

Die Reliabilitätsbestimmung der vier Konstrukte erfolgte auf Basis der internen Konsistenz-Methode (Cronbachs α) mithilfe von SPSS 27 (vgl. Tab. 2). Reliabilitätskoeffizienten von $\alpha \geq .90$ gelten dabei als sehr gut und von $\alpha \geq .80$ als ausreichend (vgl. Döring & Bortz, 2016, S. 443). Die K-S-Tests mit Lilliefors-Korrektur zeigten, dass alle mittels Likert-Skala erfassten Daten, mit Ausnahme des emotionalen und epistemischen Interesses, nicht normalverteilt sind. Zur Ergebnisbeschreibung werden daher Mediane angegeben und Boxplots zur Visualisierung der Ergebnisse verwendet.

Tabelle 2: Konstrukte des quantitativen Erhebungsteils, Anzahl und Kürzel der zugehörigen Items, je ein Beispielimitem und Angaben zur internen Konsistenz (Cronbachs α) (eigene Darstellung)

Konstrukt	Anzahl Items	Kürzel Items	Beispielimitem	Reliabilität (Cronbachs α)
situationales Interesse: emotional	4	UE08_01, UE08_05, UE08_12, UE08_10	Die Tätigkeiten in der Übungseinheit haben mir Spaß gemacht.	.877
situationales Interesse: epistemisch	4	UE08_02, UE08_04, UE08_07, UE08_08	Ich kann mir vorstellen, mich auch in meiner Freizeit mit den Themen der Übungseinheit zu beschäftigen.	.877
situationales Interesse: wertbezogen	4	UE08_03, UE08_06, UE08_09, UE08_11	Ich fand die Inhalte der Übungseinheit für mich als Lehrkraft sinnvoll.	.813
subjektiv eingeschätzter Zuwachs an Fachwissen über Bestimmungsmerkmale, Laub- und Nadelbäume	3	UE05_01, UE05_02, UE05_03	Durch die Bearbeitung des Arbeitsauftrages habe ich Fachwissen über Bestimmungsmerkmale von Bäumen aufgebaut.	.889

Die offenen Antworten der Studierenden je Frage wurden mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (vgl. Kuckartz, 2016, S. 97ff.) ausgewertet. Die Kategorienbildung geschah – in mehreren Entwicklungsschleifen – induktiv am Material (vgl. Kuckartz, 2016, S. 72ff.). Ausnahme bildeten hier die offenen Antworten zu Gründen der Bevorzugung manueller und/oder automatischer Bestimmungsmethoden sowie des Einsatzes von Bestimmungssapps im Lehramtsstudium und Unterricht, bei denen eine Mischform aus induktiver und deduktiver Kategorienbildung (vgl. Kuckartz, 2016, S. 95ff.) erfolgte: Es zeigten sich bei der Analyse inhaltliche Übereinstimmungen mit den von Beudels et al. (vgl. 2021, S. 150) aufgestellten produkteigenschafts- und wirkungsbezogenen Aspekten in Bezug auf Bestimmungssapps. Daher wurden die entsprechenden Kategorienbezeichnungen dahingehend angepasst. Aufgrund der Stichprobengröße und Länge der Aussagen wurden die Antworten aller Befragten in Microsoft Excel ausgewertet. Eine vollständige Aussage je Studierender*Studierendem und Frage wurde als Kontexteinheit, ein einzelnes Wort als Kodiereinheit (vgl. Mayring, 2015, S. 61) definiert. Abschließend wurden die absoluten und relativen Häufigkeiten der Codings¹⁰ je Kategorie berechnet.

4.3 Stichprobe

Die in der Datenauswertung berücksichtigte Stichprobe umfasst insgesamt 46¹¹ Bachelorstudierende der Studiengänge Sachunterricht mit Schwerpunkt „Naturwissenschaften und Technik“ ($N = 45$) sowie Sachunterricht mit Schwerpunkt „Sonderpädagogische Förderung“ ($N = 1$) an der Bergischen Universität Wuppertal ($N_{\text{weiblich}} = 39$, $N_{\text{männlich}} = 7$; Durchschnittsalter = 22 Jahre). Eine Studienteilnehmerin machte keine Angaben bezüglich ihres Alters. Die Mehrzahl der Studierenden war zum Zeitpunkt der Durchführung im dritten bzw. vierten Fachsemester ($N_{3.-4.} = 41$, $N_{5.-6.} = 4$, $N_{\geq 7.} = 1$).

4.4 Ergebnisse

4.4.1 Beurteilung des Materials und subjektiv empfundener Wissenszuwachs (F1)

Rund 90 Prozent der Studierenden empfinden den Screencast zu Bestimmungsmerkmalen und die Präsentation über Bestimmungssapps als strukturiert (vgl. Tab. 3). Keiner der Kursteilnehmer*innen hält die Materialien für unstrukturiert. Lediglich zwei bzw. fünf Personen wählen die Antwortmöglichkeit „Ich bin mir unsicher“. Der schriftliche Arbeitsauftrag erreicht mit einer Zustimmung von 85 Prozent einen leicht schlechteren Wert.

Tabelle 3: Absolute (N) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, die die bereitgestellten Materialien (Screencast, Informationen über Bestimmungssapps und Arbeitsauftrag) als strukturiert bzw. nicht strukturiert empfinden oder unsicher sind (eigene Darstellung)

Antwort	Screencast		Informationen über Bestimmungssapps		Arbeitsauftrag	
	N	%	N	%	N	%
strukturiert	44	96	41	89	39	85
nicht strukturiert	0	0	0	0	1	2
unsicher	2	4	5	11	6	13

¹⁰ In Tabellen 13, 14 und 15 werden die dort genannten produkteigenschaftsbezogenen Vorteile zusammengefasst, um eine relative Häufigkeit von über 20 Prozent zu erreichen. Sie entsprechen den in Tabelle 13 aufgelisteten Gründen für die automatische Bestimmungsmethode.

¹¹ Am Kurs nahmen insgesamt 52 Personen teil. Nicht vollständig ausgefüllte Fragebögen wurden aus der Analyse ausgeschlossen.

Im ähnlichen Wertebereich liegt die Resonanz zur Attraktivität der Materialien, auch wenn die Zustimmungsrates in Bezug auf den Screencast um 9 Prozent abfällt (vgl. Tab. 4). Eine Person empfindet den Screencast hingegen als nicht ansprechend. Der Arbeitsauftrag spricht 78 Prozent der Studierenden an.

Tabelle 4: Absolute (*N*) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, die die bereitgestellten Materialien (Screencast, Informationen über Bestimmungsapps und Arbeitsauftrag) als ansprechend bzw. nicht ansprechend empfinden oder unsicher sind (eigene Darstellung)

Antwort	Screencast		Informationen über Bestimmungsapps		Arbeitsauftrag	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
ansprechend	40	87	42	91	36	78
nicht ansprechend	1	2	0	0	3	7
unsicher	5	11	4	9	7	15

93 Prozent der Kursteilnehmer*innen finden die zur Verfügung gestellten Informationen ausreichend, um den gestellten Arbeitsauftrag zu bewältigen. Lediglich drei Studierende hätten gerne eine noch umfangreichere Einführung in das Thema erhalten oder sind sich diesbezüglich unsicher (vgl. Tab. 5).

Tabelle 5: Absolute (*N*) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, die die bereitgestellten Informationen als ausreichend bzw. nicht ausreichend zur Bewältigung der gestellten Aufgabe empfinden oder unsicher sind (eigene Darstellung)

Antwort	<i>N</i>	%
Informationen ausreichend	43	93
Informationen nicht ausreichend	1	2
unsicher	2	4

61 Prozent kannten Alexander von Humboldt bereits vor der Übungseinheit, wohingegen nur 13 Prozent auch seine Leistungen für die Naturwissenschaften geläufig waren (vgl. Tab. 6). Im Gegensatz dazu war der Name Alexander von Humboldt 39 Prozent der Studierenden völlig unbekannt. Durch die Kurzvorstellung von Humboldts Leistungen waren 11 Prozent der Studierenden aber in der Lage, ihnen bereits vertraute, naturwissenschaftliche Erkenntnisse Humboldt zuzuschreiben.

Tabelle 6: Absolute (*N*) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, die Alexander von Humboldt und seine Forschungserkenntnisse kennen oder nicht (eigene Darstellung)

Antwort	<i>N</i>	%
Humboldt bekannt & Erkenntnisse bekannt	6	13
Humboldt bekannt & Erkenntnisse unbekannt	22	48
Humboldt unbekannt & Erkenntnisse bekannt	5	11
Humboldt unbekannt & Erkenntnisse unbekannt	13	28

Knapp drei Viertel der Befragten erachten außerdem die Verbindung der Übungseinheit mit Alexander von Humboldt als sinnvoll, während das restliche Viertel unsicher ist. Nur eine Person empfindet die Kontexteinbettung als unangebracht (vgl. Tab. 7).

Tabelle 7: Absolute (*N*) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, die die Verknüpfung mit Humboldt als sinnvoll bzw. nicht sinnvoll erachten oder unsicher sind (eigene Darstellung)

Antwort	<i>N</i>	%
Verknüpfung sinnvoll	34	74
Verknüpfung nicht sinnvoll	1	2
unsicher	11	24

Der Zugewinn an Fachwissen über Bestimmungsmerkmale und in Deutschland häufig vorkommende Laub- und Nadelbäume sowie an Wissen über Bestimmungsapps wird von den Studierenden als hoch ($Md = 4.0$) eingeschätzt (vgl. Abb. 3). Ein hoher Wert des Interquartilsabstands (IQR; vgl. Döring & Bortz, 2016, S. 622) von $IQR = 2.00$ beim subjektiv empfundenen Zugewinn an Wissen über Bestimmungsapps (s. auch Boxplot rechts in Abb. 3) verdeutlicht jedoch auch, dass die Studierenden den Zugewinn an Wissen darüber sehr unterschiedlich bewerten.

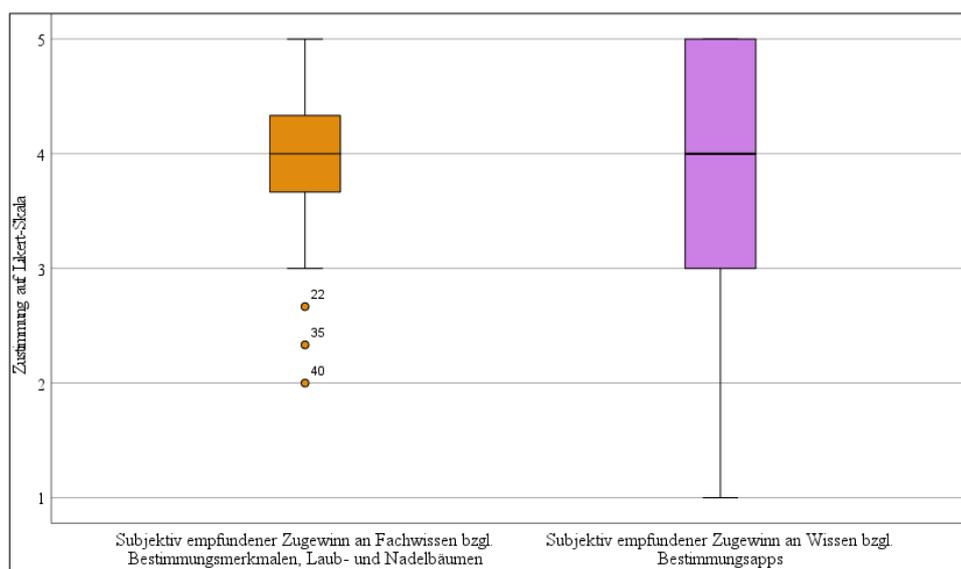


Abbildung 3: Subjektiv empfundener Zuwachs an Fachwissen bzgl. Bestimmungsmerkmalen, Laub- und Nadelbäumen sowie an Wissen bzgl. Bestimmungsapps durch die Übungseinheit ($N = 46$; eigene Darstellung)

4.4.2 Motivation und situationales Interesse (F2)

Aufgrund der einleitenden Funktion des Screencasts im Lehrkonzept wurde nach seiner motivationalen Wirkung gefragt, sich mit der Übungseinheit auseinanderzusetzen. Dabei geben lediglich 57 Prozent der Teilnehmer*innen an, durch den Screencast motiviert worden zu sein (vgl. Tab. 8 auf der folgenden Seite). Die Negativbewertung fällt mit 20 Prozent aber niedriger aus als die Zahl der unentschlossenen Studierenden mit 24 Prozent.

Tabelle 8: Absolute (N) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, die den Screencast als motivierend bzw. nicht motivierend empfinden, sich mit dem Thema der Übungseinheit auseinanderzusetzen, oder unsicher sind (eigene Darstellung)

Antwort	N	%
Screencast motivierend	26	57
Screencast nicht motivierend	9	20
unsicher	11	24

Zusätzlich wurde das situationale Interesse an den Inhalten der Übungseinheit in den Subskalen emotional, epistemisch und wertbezogen untersucht. Die Ergebnisse (vgl. Abb. 4) zeigen, dass das situationale Interesse insgesamt als mittelmäßig (emotionale Komponente $Md_{\text{Emo-Int}} = 3.50$; epistemische Komponente $Md_{\text{Epis-Int}} = 3.25$) bis hoch (wertbezogene Komponente $Md_{\text{Wert-Int}} = 4.00$) bezeichnet werden kann.

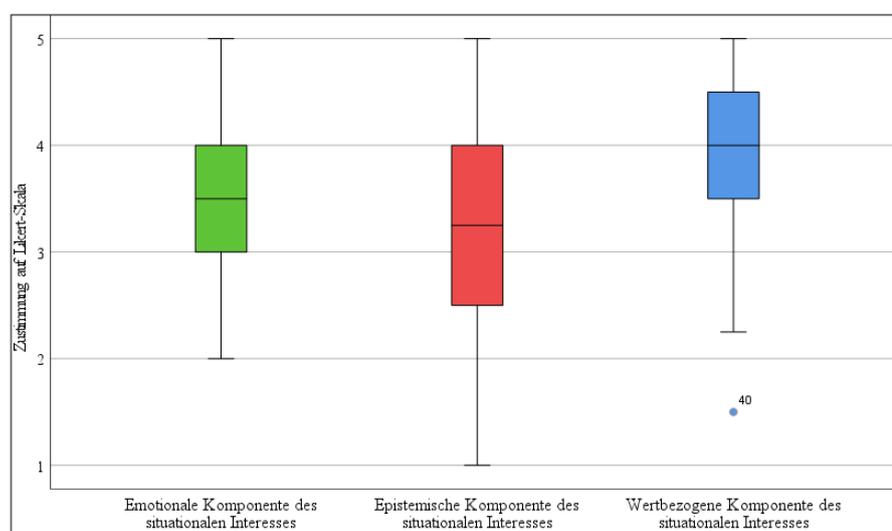


Abbildung 4: Situationales Interesse der Kursteilnehmer*innen ($N = 46$) an den Übungsinhalten in den Subskalen emotional, epistemisch und wertbezogen (eigene Darstellung)

4.4.3 Bestimmungsapps in der Ausbildung (F3)

Lediglich 39 Prozent der Studierenden haben bereits im Vorfeld der gesamten Übungsveranstaltung Erfahrungen mit Bestimmungsapps gesammelt, wohingegen 61 Prozent bis zu diesem Zeitpunkt nicht in Berührung mit diesen Applikationen gekommen sind. Dabei kennt über die Hälfte der 39 Prozent zwei Bestimmungsapps; 11 Prozent waren drei und 33 Prozent eine App bekannt (vgl. Tab. 9).

Tabelle 9: Absolute (N) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, denen Bestimmungsapps vor dem Besuch der gesamten Übungsveranstaltung bereits bekannt sind und absolute (N) und relative (%) Häufigkeit der bekannten Apps (eigene Darstellung)

Antwort	N	%	Anzahl	N	%
Apps bekannt	18	39	2	10	56
			1	6	33
			3	2	11
Apps nicht bekannt	28	61	-	-	-

Neben der Anzahl wurden auch die Namen der den Befragten bekannten Bestimmungsapps erhoben (vgl. Tab. 10). Die für die Übungseinheit ausgewählten Apps wurden dabei als Auswahlmöglichkeit vorgegeben. Zudem gab es die Möglichkeit, eigene Angaben zu machen. Es zeigt sich, dass alle 18 Studierenden, denen Bestimmungsapps schon vor der Übung begegnet sind, bereits mindestens eine der ausgewählten Bestimmungsapps kannten, wobei *PlantNet* und *Flora Incognita* oft genannt werden. *Eikes Baumschule* erreicht mit 61 Prozent den höchsten Wert. Zwei Kursteilnehmer*innen geben als weitere Beispiele die Apps *Nabu Vogelwelt* sowie *Google Lens* (s. „Sonstige“) an. Die App *Krautfinder Basic* ist dagegen gänzlich unbekannt.

Tabelle 10: Absolute (*N*) und relative (%) Häufigkeit der Nennungen von im Vorfeld der Übung bekannten Bestimmungsapps (eigene Darstellung)

Bestimmungsapp	<i>N</i>	%
Eikes Baumschule	11	61
Flora Incognita	9	50
PlantNet	7	39
iNaturalist	2	11
Sonstige	2	11
Naturblick	1	6
Krautfinder Basic	0	0

Dem Großteil der Teilnehmer*innen gefällt das Arbeiten mit Bestimmungsapps ($Md_{\text{gefallen}} = 4.00$, $IQR = 1.00$). Nur neun Prozent sagt der Umgang mit Apps „nicht“ oder „gar nicht“ zu. Vertiefend gibt Tabelle 11¹² auf der folgenden Seite einen Überblick über die von den Kursteilnehmer*innen bevorzugte Bestimmungsmethode und weist die genannten Gründe dafür aus. Aufgelistet werden nur Argumente, die von mehr als 20 Prozent der jeweiligen Gruppe genannt werden. Eine Einteilung der Gründe in produkteigenschafts- und wirksamkeitsbezogene Aspekte (vgl. Kap. 4.2) wird ebenfalls vorgenommen.

Studierende, die die automatisierte Fotobestimmung bevorzugen, geben ausschließlich produkteigenschaftsbezogene Vorteile als Begründung an, wie beispielsweise die Zeitersparnis (u.a. A9: „*es deutlich schneller ging*“)¹³ und den einfacheren Bestimmungsprozess (u.a. A21: „*die Bestimmung leichter war*“). Darüber hinaus vertrauen sie den automatischen Bestimmungsergebnissen (u.a. A2: „*sie genauer war*“).

Lerner*innen, die sowohl den Einsatz automatischer als auch manueller Bestimmungshilfen gleichermaßen präferieren, liefern im Gegensatz dazu ein differenzierteres Bild. Der Einsatz der jeweiligen Bestimmungsmethode hängt für sie maßgeblich vom Anwendungsszenario ab (u.a. A36: „*Je nachdem, welcher Baum bestimmt werden sollte, eignete sich teilweise die automatische Fotobestimmung besser, bei anderen Bäumen allerdings war die manuelle Bestimmung hilfreich*“). Für eine schnelle Bestimmung bevorzugen sie die automatische, für das intensive Auseinandersetzen mit Bestimmungsmerkmalen die manuelle Methode. Daher bewerten auch sie den geringeren Zeitaufwand (u.a. A32: „*[...] Man spart einiges an Zeit [...]*“) und die Komplexitätsreduzierung (u.a.

¹² Nur eine Person bevorzugt die manuelle Bestimmung, weshalb sie in der Tabelle nicht berücksichtigt wird.

¹³ Grammatik-/Rechtschreib-/Interpunktions-/Flüchtigkeitsfehler in den schriftlichen Antworten wurden zur besseren Lesbarkeit korrigiert. Alle schriftlichen Antworten wurden über alle Fragen hinweg durchgängig nummeriert, da die Teilnehmer*innen in Abhängigkeit ihrer gegebenen Antworten unterschiedliche Fragen beantworten mussten. Der Satzbau vieler direkter Zitate (wie „*es deutlich schneller ging*“ (A9)) ist dadurch bedingt, dass die Begründungen durch „da/weil“ eingeleitet wurden (im Fragebogen vorgegeben).

A34: „es Momente gibt, in denen die Fotobestimmung einfacher ist [...]“ der automatischen Bestimmung positiv; allerdings halbiert sich in dieser Gruppe die Zustimmungsrate.

Tabelle 11: Absolute (*N*) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, die die automatische oder beide Bestimmungsmethode(n) bevorzugen, sowie Gründe für die Bevorzugung (Gründe gruppiert nach Bestimmungsmethoden und sortiert nach relativer Häufigkeit der Nennung; berücksichtigt wurden nur relative Häufigkeiten von > 20%; (p): produkteigenschaftenbezogene Aspekte; (w): wirksamkeitsbezogene Aspekte; s. auch Beudels et al., 2021) (eigene Darstellung)

	bevorzugte Bestimmungsmethode			
	automatisch		automatisch + manuell	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
	31	67	14	30
Gründe für automatische Bestimmungsmethode				
<i>Zeitfaktor (p):</i> weniger zeitintensiv	21	68	6	43
<i>Bestimmungsqualität (p):</i> genaue Ergebnisse	17	55	-	-
<i>Praktikabilität (p):</i> einfachere Bestimmung	12	39	4	29
Gründe für manuelle Bestimmungsmethode				
<i>Nähe zur Natur (w):</i> intensive Auseinandersetzung mit dem Originalobjekt	-	-	6	43
<i>Fachspezifische Arbeitsweisen (w):</i> Betrachten wird gefördert	-	-	4	29
<i>Bestimmungsqualität (p):</i> genauere Ergebnisse als bei automatischer Bestimmung	-	-	3	21
Gründe für beide Bestimmungsmethoden				
Anwendungsszenario ist entscheidend	-	-	6	43
Überprüfung von Bestimmungsergebnissen	-	-	3	21

Für die manuelle Bestimmung werden wirksamkeitsbezogene Aspekte genannt, wie eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Originalobjekt (u.a. A37: „[...] man setzt sich mehr mit der Pflanze auseinander [...]“) und die Förderung von fachspezifischen Arbeitsweisen (u.a. A32: „[...] da die Kinder dabei mehr lernen und genauer hinsehen“). Des Weiteren werden beide Bestimmungsmethoden zur gegenseitigen Überprüfung eingesetzt (u.a. A39: „man sich so gut überprüfen kann“). Dabei schätzen 21 Prozent dieser Gruppe die manuelle Bestimmung als genauer ein (u.a. A34: „[...] die manuelle Bestimmung ist oft aber genauer [...]“).

Drei Viertel der Befragten halten den Einsatz von Bestimmungssapps im Lehramtsstudium für sinnvoll, das andere Viertel ist sich diesbezüglich unsicher (vgl. Tab. 12 auf der folgenden Seite). Keine*r der Studierenden spricht sich gegen ihren Einsatz aus.

Kursteilnehmer*innen, die dem Einsatz positiv gegenüberstehen, geben hierfür die voranschreitende Digitalisierung der universitären und schulischen Lehre als Grund an (u.a. A58: „die Digitalisierung immer weiter voranschreitet [...]“). Sie erfordert die Auseinandersetzung mit digitalen Medien, und daher spricht das erstmalige Kennenler-

nen von Bestimmungsapps ebenso für ihre Verwendung (u.a. A62: „*angehende Lehrer*innen sich angeleitet mit den Apps auseinandersetzen und positive Erfahrungen mit dem Thema machen [...]*“). Weiter werden produkteigenschaftsbezogene Vorteile angegeben, die den Einsatz rechtfertigen (u.a. A66: „*man so schnell und einfach Pflanzen bestimmen kann [...]*“).

Die Gruppe der Unsicheren gibt ausschließlich Gründe mit schulischem Bezug für ihre Entscheidung an. Durch den Appeinsatz an Schulen befürchten sie eine mangelnde Auseinandersetzung der Schüler*innen mit den Originalobjekten (u.a. A95: „*man so eigentlich wenig selbst nachdenkt und man lediglich das Handy vor das Objekt hält [...]*“). Außerdem bemängeln sie die technische Ausstattung an Schulen und restriktive Smartphone-Regelungen, die einer Nutzung von Bestimmungsapps entgegenstehen könnten (u.a. A89: „*Nicht alle Kinder haben ein Smartphone → Gefahr der Ausgrenzung, wenn die Schule selbst keine iPads o.Ä. hat [...]*“). Weiter erwarten sie von Lehrkräften eine hohe Medienkompetenz in Bezug auf Bestimmungsapps, wenn sie in den Unterricht integriert werden (u.a. A94: „*[...] somit sollten wir Lehrkräfte uns auch damit ausreichend auskennen und ihre Vorteile nutzen [...]*“).

Tabelle 12: Absolute (N) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, die den Einsatz von Bestimmungsapps im Lehramtsstudium für sinnvoll halten oder unsicher sind (Gründe gruppiert nach Kategorie und sortiert nach relativer Häufigkeit der Nennung; berücksichtigt wurden nur relative Häufigkeiten von > 20%) (eigene Darstellung)

Antwort	N	%	Gründe	N	%
Einsatz sinnvoll	34	74	Digitalisierung der Lehre	16	47
			produkteigenschaftsbezogene Aspekte	13	38
			Kennenlernen von Bestimmungsapps	11	32
unsicher	12	26	Medienkompetenz der Lehrkräfte bzgl. Bestimmungsapps	5	42
			mangelnde Auseinandersetzung der Kinder mit Originalobjekten	4	33
			technische Voraussetzungen an Schulen	3	25

4.4.4 Bestimmungsapps im eigenen Unterricht (F4)

Nach der Übungseinheit können sich über 80 Prozent der Studierenden vorstellen, zukünftig Bestimmungsapps in ihrem eigenen Unterricht einzusetzen (vgl. Tab. 13¹⁴ auf der folgenden Seite). Über die Hälfte dieser Gruppe vermutet durch den App- und Smartphone-Einsatz einen positiven Effekt auf die Motivation und das Interesse der Schüler*innen (u.a. A102: „*es den Kindern bestimmt Spaß macht, damit zu arbeiten, und es ihr Interesse am Pflanzenbestimmen weckt*“). Auch ein erwartetes Autonomieerleben wird positiv hervorgehoben (u.a. A112: „*die SuS so eigenständig auf Exkursionen oder in ihrer Freizeit Pflanzen bestimmen können*“). Außerdem werden produkteigenschaftsbezogene Vorteile genannt, die den Einsatz begründen (u.a. A105: „*es eine schnelle und einfache Möglichkeit ist*“).

Studierende, die sich unsicher sind, bevorzugen aufgrund ihrer persönlichen Einstellung oder Erfahrungen das Bestimmen ohne technische Unterstützung als Vermittlungsmethode (u.a. A177: „*mir die analogen Bestimmungen besser gefallen haben*“). 43 Prozent befürchten zudem eine unreflektierte Übernahme der automatischen Bestimmungsergebnisse (u.a. A174: „*Kinder die angezeigten Ergebnisse als primär*

¹⁴ Eine Person verneint die Frage aufgrund ihrer persönlichen Präferenz für die analoge Bestimmung. Sie wird in der Tabelle nicht berücksichtigt.

richtig ansehen, obwohl nicht alle Pflanzen von der App richtig bewertet/ausgewertet werden“). Außerdem spielt auch hier die technische Ausstattung an Schulen eine Rolle, um den Einsatz von Bestimmungsapps überhaupt in Erwägung zu ziehen (u.a. A180: „Smartphones nicht überall verfügbar sind“).

Tabelle 13: Absolute (*N*) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, die sich nach der Übungseinheit vorstellen können, Bestimmungsapps in ihrem eigenen Unterricht einzusetzen, oder unsicher sind (Gründe sortiert nach relativer Häufigkeit der Nennung; berücksichtigt wurden nur relative Häufigkeiten von > 20%) (eigene Darstellung)

Antwort	<i>N</i>	%	Gründe	<i>N</i>	%
für Einsatz	38	83	Förderung von Motivation und Interesse der Lernenden	22	58
			Autonomieerleben der Lernenden	11	29
			produkteigenschaftsbezogene Aspekte	10	26
unsicher	7	15	persönliche Einstellung	4	57
			technische Gegebenheiten an Schulen	4	57
			unreflektierte Übernahme von Bestimmungsergebnissen	3	43

Die Gruppe, die Bestimmungsapps im eigenen Unterricht nutzen möchte, wurde weiter gefragt, welche Bestimmungsmethoden sie in diesem Fall berücksichtigen würden. Mehr als die Hälfte gibt an, sowohl die automatische als auch die manuelle Bestimmungsmethode einsetzen zu wollen, damit die Schüler*innen alle Möglichkeiten der Bestimmung kennenlernen (u.a. A155: „*ich finde, dass es wichtig ist, dass die Kinder beide Arten der Bestimmung kennenlernen [...]*“). Außerdem erhoffen sich die Befragten einen größeren Lerneffekt durch die manuelle Bestimmungsmethode (u.a. A169: „*[...] Mit der manuellen Bestimmung setzt man sich genauer mit der Materie auseinander und kann das erlangte Wissen festigen*“). Weiter nennen sie produkteigenschaftsbezogene Aspekte für die automatische Fotobestimmung (u.a. A161: „*so einerseits die Merkmale bspw. des Blattes verstanden werden müssen, andererseits aber auch die schnelle und unkomplizierte Bestimmung stattfinden kann*“). Die Begründungen der anderen beiden Gruppen entsprechen im Wesentlichen den zuvor genannten (vgl. Tab. 14).

Tabelle 14: Absolute (*N*) und relative (%) Häufigkeit der Studierenden, die die automatische bzw. manuelle Bestimmungsmethode oder beide im Unterricht einsetzen würden (Gründe sortiert nach relativer Häufigkeit der Nennung; berücksichtigt wurden nur relative Häufigkeiten von > 20%) (eigene Darstellung)

Antwort	<i>N</i>	%	Gründe	<i>N</i>	%
automatisch & manuell	23	61	größerer Lerneffekt	9	39
			Kennenlernen beider Methoden	7	30
			produkteigenschaftsbezogene Aspekte	7	30
automatisch	11	29	Praktikabilität	8	73
			Zeitfaktor	5	45
			Bestimmungsqualität	3	27
manuell	4	11	größerer Lerneffekt	2	50
			Anwendung fachspezifischer Arbeitsweisen	2	50

Eikes Baumschule ($Md_{Eike} = 5.00$), *Flora Incognita* ($Md_{Flora} = 5.00$) und *PlantNet* ($Md_{Plant} = 4.00$) gelten in den Augen der Kursteilnehmer*innen als besonders geeignet, um im Grundschulunterricht eingesetzt zu werden. *Naturblick* ($Md_{Naturb} = 3.00$), *Krautfinder Basic* ($Md_{Kraut} = 3.00$) und *iNaturalist* ($Md_{iNatur} = 3.00$) schneiden durchschnittlich ab. Die Bewertungen von *Flora Incognita* und *iNaturalist* unterliegen jedoch einer großen Schwankung ($IQR_{Flora} = 2.00$; $IQR_{iNatur} = 3.00$; vgl. Abb. 5).

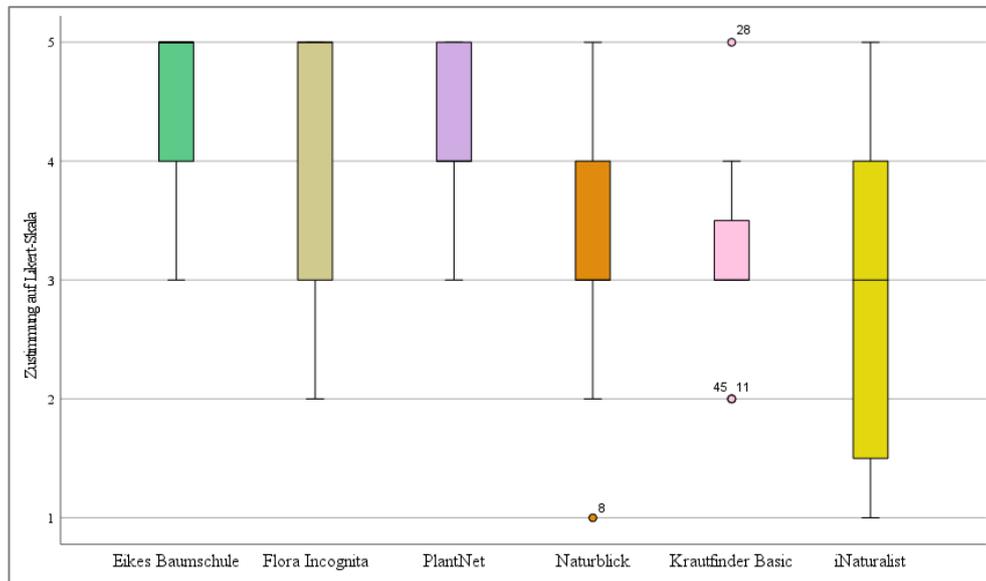


Abbildung 5: Einschätzung der Befragten bzgl. der Eignung der benutzten Bestimmungssapps für den Einsatz im Grundschulunterricht (eigene Darstellung)

In Verbindung mit der Frage, ob Schüler*innen nach kurzer Einführung selbstständig mit Bestimmungssapps arbeiten können („ja“ = 78 %, „unsicher“ = 22 %), wurden Probleme bei der Appnutzung erhoben, denen die Studierenden selbst begegnet sind. Dabei bestätigt die Hälfte des Kurses, dass es Schwierigkeiten gibt. 46 Prozent empfinden den Umgang mit Bestimmungssapps hingegen als intuitiv und haben keine Probleme. Vier Prozent sind sich diesbezüglich unsicher. Die Anzahl der Problemnennungen je Bestimmungssapp kann Tabelle 15 auf der folgenden Seite entnommen werden. Die Problembeschreibungen sind allerdings nicht appspezifisch und hängen maßgeblich von den individuellen Erfahrungen der User*innen ab. Aus diesem Grund wird eine allgemeine Übersicht der am häufigsten genannten Probleme angegeben (u.a. A182: „Ich wollte im Nachhinein erneut mein Ergebnis überprüfen, aber ich habe keine Option gefunden, Bilder aus meiner Galerie zu benutzen [...]“; A192: „Ich habe die App als sehr umständlich empfunden. Wenn ich ein Bild von der Borke einfügen wollte, musste ich erst einige Schritte überspringen, um dies tun zu können [...]“; A197: „konnte damit gar nichts bestimmen, fand die App sehr komisch“; A204: „kam nicht zu einem Ergebnis bei Eingabe der Daten. Unübersichtlich“; A207: „Wenn man etwas Falsches angeklickt hat, muss man von vorne anfangen. Wäre alles wie bei Krautfinder auf einer Seite, wäre dies übersichtlicher“).

Tabelle 15: Absolute (*N*) Häufigkeit der Studierenden, die Schwierigkeiten bei der Appbenutzung haben (sortiert nach absoluter Häufigkeit der Nennung je App; berücksichtigt wurden nur Antworten, die Text enthalten und ein Problem beschreiben) (eigene Darstellung)

Bestimmungsapp	<i>N</i>	Problembeschreibung
iNaturalist	9	<ul style="list-style-type: none"> – keine oder falsche Bestimmungsergebnisse – Abfrage von Merkmalen, die nicht erhoben werden können – mangelnde Benutzerfreundlichkeit bzgl. Übersichtlichkeit & Bedienung – fehlender Funktionsumfang
Flora Incognita	7	
Naturblick	5	
Krautfinder Basic	5	
Eikes Baumschule	1	
PlantNet	0	

5 Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass die neu erstellten Materialien von den Studierenden gut angenommen werden (vgl. Kap. 4.4.1). Überraschenderweise empfinden sie die unvertonte Präsentation zu Bestimmungsapps am ansprechendsten, obwohl die getroffenen Designentscheidungen in allen Materialien Anwendung finden. Ursächlich hierfür könnten fehlende Erfahrungen der Kursteilnehmer*innen mit aufwendig produzierten Screenshot-Formaten sein, die zu einem unsicheren Umgang mit ihnen führen. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass eine Beurteilung solcher Lehrvideos aufgrund bisher fehlender Kontakte und/oder unbekannter Kriterien zur Bewertung der Qualität schwerfällt. Ebenso denkbar ist, dass der Screenshot mit einer Dauer von 17:23 min für einige Studierende zu lang ausfällt und deshalb schlechter bewertet wird. In der Literatur lassen sich für Erklärvideos Längenangaben von drei (vgl. Eber & Schön, 2017, S. 2) bis 20 Minuten (vgl. Schaarschmidt et al., 2016, S. 42) finden. Findeisen et al. (vgl. 2019, S. 29) schlagen eine Laufzeit von sechs Minuten als optimale Länge vor und regen dazu an, längere Sequenzen auf mehrere Videos aufzuteilen. Vor dem Hintergrund der schon hohen Anzahl an Materialien, die in der Übungseinheit zu rezipieren sind, wurden dahingehende Überlegungen aber verworfen. Bookmarks, die mittels *H5P* angelegt werden und den Zuschauer*innen erlauben, gezielt einzelne Videoabschnitte anzusteuern, könnten eine einfach umzusetzende Alternative sein und sich positiv auf die Bewertung auswirken. Erhebungen zur Akzeptanz von unterschiedlich gestalteten Screenshots (z.B. Design, Kontextualisierung oder Länge) würden dabei helfen, die Materialien besser an die Bedürfnisse der Studierenden anzupassen.

Die Mehrzahl der Studierenden bewertet die Verknüpfung des Übungsthemas mit Alexander von Humboldt positiv. 24 Prozent geben allerdings an, dass sie unsicher sind, ob eine solche Verknüpfung sinnvoll ist. Dies kann z.B. daran liegen, dass viele der Befragten Humboldt und/oder seine Forschungserkenntnisse nicht kennen (s. Tab. 6 und weitere Diskussion). Ein anderer Grund für diese Einschätzung könnte sein, dass am Ende des Screenshots und zum Abschluss der Übungseinheit kein Bogen mehr zu Humboldt (im Sinne von „Humboldt versus Hightech?!“) gespannt wird. Bei einer Überarbeitung der Einheit sollte dies beachtet werden.

Im abschließenden Feedbackgespräch wurde von den Studierenden hervorgehoben, dass die Zusatzinformationen über Humboldt als willkommene Abwechslung zu den eigentlichen Inhalten der Übungseinheit angesehen werden. Auch wenn die Kontextualisierung der Übungsinhalte mit Humboldts Forschungsreise auf den ersten Blick ungewöhnlich erscheint, zeigen Forschungsarbeiten, dass sich auch außergewöhnliche Kontexte interesselördernd auswirken können (vgl. Parchmann & Kuhn, 2018, S. 204). Für fächerübergreifende Bezugsrahmen spricht nach Kuhn et al. (2010, S. 20) „der Reichtum an Kontexten, die damit erschlossen werden können“ und sich vorteilhaft auf das Lernen

und die Motivation auswirken. Ebenso plädiert Muckenfuß (2004, zit. n. Parchmann & Kuhn, 2018, S. 195) für ein weiter gefasstes Kontextverständnis, da für ihn „die Hauptaufgabe von sinnstiftenden Kontexten darin besteht, das sachlogische Erschließen eines [naturwissenschaftlichen] Teilgebiets [...] zu unterstützen.“ Für den Fachbereich Physik ist zudem durch die IPN-Interessenstudie (Hoffmann et al., 1998) empirisch belegt, „dass sich durch die Wahl geeigneter fächerübergreifender Kontexte das Physikinteresse [von Schüler*innen] wecken oder sogar steigern lässt“ (Kuhn et al., 2010, S. 20). Gleichzeitig unterstreicht der hohe Anteil an Kursteilnehmer*innen eines Studiengangs mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt, dem Humboldt unbekannt ist (vgl. Kap. 4.4.1)¹⁵, die Relevanz der zusätzlichen Vermittlung von interdisziplinären Inhalten abseits curricularer Vorgaben. Hierfür spricht ebenso die Tatsache, dass 76 Prozent der Studierenden, unabhängig davon, ob ihnen Humboldt bekannt ist oder nicht, angeben, seine Forschungserkenntnisse nicht zu kennen. Die sachunterrichtliche Vielperspektivität verlangt aber nach einem umfangreichen und vernetzten Weltwissen seitens der Lehrkräfte (Beudels, 2021; GDSU, 2014). Nur so lassen sich naturwissenschaftliche Themen im Unterricht aus mehreren Blickwinkeln beleuchten und vermitteln. Im günstigsten Fall führen die Informationen über Humboldt zu einem Zuwachs an Weltwissen der angehenden Lehrkräfte, wodurch ihre Rezeptionsfähigkeit erweitert und geschärft wird (vgl. Anders et al., 2019, S. 136). Zusammenfassend verdeutlichen diese Ergebnisse die Notwendigkeit einer interdisziplinären Gestaltung universitärer Lehrveranstaltungen für angehende Sachunterrichtslehrpersonen.

Aufgrund der erstmaligen Durchführung des Lehrkonzepts wurde die subjektive Bewertung des Lernzuwachses ermittelt (vgl. Kap. 4.4.1). Dieser kann sowohl für den Gewinn an Fachwissen bezüglich Bestimmungsmerkmalen sowie Laub- und Nadelbäumen als auch für das Wissen über Bestimmungsapps als hoch angesehen werden. Die Einschätzung des Wissenszuwachses bzgl. Bestimmungsapps unterliegt jedoch einer großen Schwankung, was darauf hindeutet, dass eine ausführlichere Auseinandersetzung mit Funktionen, Chancen und Grenzen von Bestimmungsapps im Rahmen des Studiums notwendig ist. Dies sollte bei der Weiterentwicklung des Lehrkonzepts in den Fokus genommen werden (s. vertiefend die Diskussion der Ergebnisse zu F3 und F4). Gleichzeitig können nur Längsschnittstudien zeigen, ob eine tatsächliche Steigerung an Professionswissen besteht. Zudem wäre in diesem Bereich eine vergleichende Untersuchung zwischen altem und neuem Übungskonzept interessant.

Nur gut die Hälfte aller Studierenden gibt an, durch den Screencast motiviert worden zu sein, sich mit den Inhalten der Übungseinheit auseinanderzusetzen (vgl. Kap. 4.4.2). Das situationale Interesse an den Übungsinhalten ist mäßig bis hoch. Hier wäre es interessant, zu untersuchen, ob die Wahl eines anderen Kontextes zum Einstieg bzw. einer anderen historischen Figur als Humboldt, die mehr Studierenden bekannt ist und mit der sie sich eher identifizieren können, Auswirkungen auf die motivationale Wirkung des Screencasts/der Übungseinheit oder z.B. die Akzeptanz (s. erster Abschnitt der Diskussion) hat. Im Feedbackgespräch wurde zudem deutlich, dass einige Studierende die Adaption des Sherlock Holmes-Intros und die Titelmusik der Fernsehserie wiedererkannten. Sie beschrieben den Vorspann mit Blick auf den gesamten Screencast als „*einfach passend*“, konnten aber keine Gründe für ihre Aussage angeben. Um aber konkrete Aussagen über die Wirkung einzelner Screencast-Elemente zu tätigen, bedarf es einer detaillierteren Untersuchung. Für Folgestudien wäre zudem interessant, ob die Studierenden intrinsisch und/oder extrinsisch motiviert sind und welche Rolle der Screencast

¹⁵ Hier wäre es auch interessant, zu untersuchen, ob die Wahl eines anderen Kontextes/einer anderen historischen Figur als Humboldt, der*die mehr Studierenden bekannt ist, Auswirkungen auf die Akzeptanz des Screencasts (s. erster Abschnitt der Diskussion), seine motivationale Wirkung (s. nächsten Abschnitt) oder z.B. das situationale Interesse an den Übungsinhalten hat. Bei der Weiterentwicklung des Screencasts in diesem Sinne sollte gleichzeitig darauf geachtet werden, nur Video-/Musik-/Bildausschnitte einzubinden, die unter entsprechenden CC-BY-Lizenzen stehen, um ihn anschließend als *Open Educational Resource* zu veröffentlichen.

dabei spielt. Interessant sind in dem Kontext auch die offenen Antworten der Befragten zu Gründen für den Einsatz von Bestimmungsapps in der Lehre: Niemand von ihnen nennt explizit eine hohe Motivation/ein hohes situationales Interesse (z.B. an Pflanzen und Biodiversität) durch das Arbeiten mit den Apps als Grund für ihre Integration in die Lehramtsausbildung (vgl. Kap. 4.4.3). Gleichzeitig begründen die Kursteilnehmer*innen den Einsatz von Bestimmungsapps im eigenen Unterricht aber mit einem positiven Einfluss auf die Motivation der Schüler*innen (vgl. Kap. 4.4.4). Die Vermutung liegt nahe, dass die Studierenden den Bestimmungsapps diese Wirkung zuschreiben, da sie sie selbst in der Übungseinheit ausprobiert haben. Beudels et al. (vgl. 2021, S. 155) sehen hingegen im Studium thematisierte didaktische Modelle und handlungsorientierte Unterrichtskonzepte als maßgebliche Einflussfaktoren an, die den Einsatz von Bestimmungsapps im eigenen Unterricht begünstigen. Hierfür würde der von Studierenden genannte selbstständige Umgang mit dem Lerngegenstand sprechen, der Autonomieerleben erlaubt und in besseren Lernergebnissen resultieren kann (Deci & Ryan, 1993). Längsschnittstudien im *Pre-Post-Follow-up-Design* bieten sich an, um die Beeinflussung motivationaler Orientierungen durch den Einsatz unterschiedlicher Bestimmungshilfen (analog *versus* digital; analog *sowie* digital) im Rahmen von schulischen und universitären Bestimmungsübungen zu erfassen. Die Ergebnisse solcher Studien können dann im Rahmen des Lehramtsstudiums vorgestellt und – unterstützt durch eigene Erfahrungen mit verschiedenen Bestimmungshilfen – diskutiert werden, um den angehenden Lehrpersonen Möglichkeiten und Grenzen (s. auch folgenden Abschnitt) ihres Einsatzes in der Lehre aufzuzeigen.

Im Gegensatz zur Erhebung von Beudels et al. (vgl. 2021, S. 148), bei der fast zwei Drittel der Studienteilnehmer*innen angaben, Bestimmungsapps für Pflanzen zu kennen, sind Bestimmungsapps knapp zwei Dritteln der hier Befragten gänzlich unbekannt (vgl. Kap. 4.4.3). Dies kann damit zusammenhängen, dass Bestimmungsapps erst in fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Vertiefungsveranstaltungen, die in höheren Fachsemestern besucht werden, thematisiert werden. Im Fragebogen wurde außerdem explizit darauf hingewiesen, dass nur Apperfahrungen zu berücksichtigen sind, die *vor* der gesamten Übungsveranstaltung erworben wurden, da z.B. zur Bestimmung von Vögeln die App *NABU Vogelwelt* eingesetzt wird. Die von Beudels et al. (vgl. 2021, S. 153) angedeutete persönliche Relevanz von Bestimmungsapps durch eine Nutzung in der Freizeit lässt sich daher nicht bestätigen. Gleichzeitig stützen die hiesigen Daten aber den Forschungsbefund, dass Studierende im früheren Unterricht als Schüler*innen keine Erfahrungen mit Bestimmungsapps gemacht haben (vgl. Beudels et al., 2021, S. 153f.). Der Appeneinsatz in dieser Übungseinheit bietet daher die Lerngelegenheit, sich erstmalig intensiver mit Bestimmungsapps auseinanderzusetzen.

Die qualitativ ermittelten Gründe für die Bevorzugung einer Bestimmungsmethode decken sich mit den von Beudels et al. (2021) aufgestellten produkteigenschaften- und wirksamkeitsbezogenen Aspekten. Auffällig ist, dass einige Studierende der appunterstützten manuellen Bestimmung die gleichen Vorteile wie klassischen, analogen Bestimmungsschlüsseln zuschreiben (vgl. Beudels et al., 2021, S. 150). Folglich dürfte für die Kursteilnehmer*innen nicht der Unterschied zwischen digitaler und analoger Bestimmung von Bedeutung sein, sondern zwischen automatischer und manueller Bestimmungsmethode. Passend dazu geben über 60 Prozent der Kursteilnehmer*innen, die Bestimmungsapps im eigenen Unterricht einsetzen wollen, an, beide Methoden zu berücksichtigen (vgl. Kap. 4.4.4). An dieser Stelle ist einzuwenden, dass die Studierenden in dem hier vorgestellten Lehrkonzept keine analogen Bestimmungshilfen kennenlernen und daher vermutlich die digitale manuelle Bestimmungsmethode gemeint ist. Dies schließt aber nicht aus, dass es durchaus unterschiedliche Bewertungen zwischen diesen beiden manuellen Bestimmungsmethoden geben kann. Auch in der gesichteten Literatur wird der Fokus häufig auf Bestimmungsapps im Allgemeinen oder nur auf automatisierte Bestimmungsapps gelegt. Eine differenziertere Betrachtung der momentan möglichen

Bestimmungsmethoden in den Ausprägungen *analog-manuell*, *digital-manuell* und *digital-automatisch* wäre daher wünschenswert, ist aber maßgeblich vom verfügbaren Appangebot (Quantität) und der -qualität abhängig. In Bezug auf die Quantität sind Apps mit automatischer Bestimmung indes klar führend.

Mit Blick auf die Eignung der Apps für den Einsatz in Grundschulen zeichnet sich eine Tendenz für die Nutzung von *PlantNet* und *Flora Incognita* ab (vgl. Kap. 4.4.4). Dass diese Apps präferiert werden, steht im Einklang mit der bevorzugten Bestimmungsmethode der Studierenden. Zugleich ist die Einschätzung im hohen Maße von den eigenen positiven und negativen Nutzungserfahrungen abhängig. *iNaturalist* und *Flora Incognita* werden am häufigsten bei Problemen genannt und weisen bei der Frage nach der Eignung für den Einsatz im Sachunterricht die höchsten *IQRs* auf (vgl. Kap. 4.4.4). Eventuell ist es ratsam, in zukünftigen Übungsdurchläufen die Appanzahl zu reduzieren,¹⁶ um aussagekräftigere Antworten zu erhalten. Aufgrund der Dynamik im Bestimmungsappangebot sollten bei der App-Auswahl auch zukünftige Weiterentwicklungen Berücksichtigung finden.

Nach der qualitativen Analyse der offenen Studierendenantworten muss konstatiert werden, dass nur ein geringer Teil der Kursteilnehmer*innen zu einer eigenständigen kritischen Auseinandersetzung mit Bestimmungsapps in der Lage ist. So halten z.B. viele Studierende die Genauigkeit automatischer Bestimmungen für höher als von selbst durchgeführten Identifizierungen (vgl. Kap. 4.4.3). Rzanny et al. (vgl. 2022, S. 10) geben zu bedenken, dass es in der Praxis schwierig und mit einigem Aufwand verbunden ist, aussagekräftige und fokussierte Bilder von Organismen bzw. bestimmten Merkmalen mit einem Smartphone aufzunehmen. Dementsprechend umfassen häufig große Teile eines Fotos den Pflanzenhintergrund, während die wesentlichen Pflanzenteile nur einen kleinen Bereich des Fotos ausfüllen. Die hierdurch bedingte Verringerung des Merkmal-Hintergrund-Verhältnisses beeinträchtigt den Bestimmungserfolg (vgl. Rzanny et al., 2022, S. 10). Dennoch erreicht z.B. *Flora Incognita* in ca. 85 Prozent (Einzelbild) bzw. 93 Prozent (mehrere Bilder) der Fälle eine korrekte Bestimmung auf Artniveau (vgl. Mäder et al., 2021, S. 1338; Pärtel et al., 2021, S. 7). Trotz der hohen Bestimmungsgenauigkeit bleibt eine kritische Auseinandersetzung mit Chancen und Grenzen dieser digitalen Tools unerlässlich. Die unreflektierte Akzeptanz der vollautomatischen Artbestimmung kann u.a. mit einem gering ausgeprägten Fähigkeitsselbstkonzept (FSK; Möller & Trautwein, 2020) bezüglich der Benennung und Bestimmung von Arten zusammenhängen. Nach Beudels et al. (2021, S. 152) lassen sich diese Studierenden der Gruppe der „Digitalen Bestimmer mit geringem FSK“ zuordnen.

Um sowohl den Einsatz von digitalen Bestimmungshilfen als auch einen reflektierten Umgang mit ihnen im universitären wie schulischen Kontext zu fördern, könnte das vorgestellte Lehrkonzept, in Anlehnung an das Seminar-konzept von Schmidt (2021), erweitert werden. Aufgrund der Komplexität von und Bandbreite an unterschiedlichen analogen sowie digitalen Bestimmungshilfen bietet es sich an, eine eigene Übungseinheit zu diesem Thema zu implementieren. Im vorgestellten Konzept bedeutet dies eine didaktische Anreicherung der Aneignungsphase (vgl. Kap. 3.4.3 und Abb. 1). Die Studierenden würden zunächst die Möglichkeit bekommen, sich angeleitet mit den unterschiedlichen Funktionsweisen verschiedener Bestimmungshilfen vertraut zu machen. Hierbei wären Aufgabenstellungen sinnvoll, die wichtige und nicht offensichtliche Funktionen der digitalen und analogen Tools abdecken sowie bekannte Schwierigkeiten in ihrer Nutzung explizit thematisieren und Lösungen anbieten. Falls die in den Übungseinheiten genutzten Bestimmungshilfen bereits einigen Studierenden bekannt sind, können sie in synchronen Präsenz- oder Online-Veranstaltungen als Expert*innen fungieren und ihren

¹⁶ Auswahl z.B. gestützt durch empirische Studien zur Wirksamkeit unterschiedlicher Bestimmungsapps im Sachunterricht; Kontrastierung von digitalen Bestimmungshilfen, die als eher geeignet und eher ungeeignet für den Einsatz im Sachunterricht gelten.

Kommiliton*innen bei Fragen helfend zur Seite stehen. Anschließend wird das didaktische Potenzial des Einsatzes der Bestimmungshilfen im schulischen Kontext erarbeitet, und es werden mögliche Herausforderungen und Grenzen diskutiert. Die Ergebnisse können in einer Kriterienliste für die Bewertung der Bestimmungsapps zusammengefasst werden, anhand welcher die Eignung der Bestimmungshilfen für einen schulischen Einsatz bemessen wird (vgl. auch Schmidt, 2021, S. 172). Durch die intensivere Auseinandersetzung mit Bestimmungsapps im Rahmen einer eigenen Übungseinheit soll zudem erreicht werden, dass möglichst alle Teilnehmer*innen den Zuwachs an Wissen über Bestimmungsapps als hoch empfinden und Unsicherheiten bzgl. des didaktischen Potenzials in der Lehre verringert werden (vgl. Ergebnisse in Kap. 4). Durch die Ausgliederung in eine separate Übungseinheit könnten sich die Studierenden außerdem in den folgenden Einheiten auf die fachwissenschaftlichen Inhalte konzentrieren, da sie die zu nutzenden Apps bereits kennen. Am Ende der gesamten Übungsveranstaltung könnten die anfänglichen Appbewertungen nach der ausführlichen Erprobung in den einzelnen Übungseinheiten kritisch reflektiert werden. Die Kursteilnehmer*innen erhalten so einen tieferen Einblick in die vielfältigen didaktischen Potenziale von Bestimmungsapps.

Eine solche Erweiterung des Übungskonzepts könnte dazu führen, das langfristige Ziel, angehende Sachunterrichtslehrpersonen zu motivieren, Kompetenzen als Artenkennner*innen (s. Kap. 1) zu erwerben, zu erreichen. Denn die in Kapitel 4.4.3 dargestellten Ergebnisse, wie z.B., dass 67 Prozent der Befragten eine vollautomatische Bestimmungsmethode bevorzugen, deuten darauf hin, dass es den Studierenden eher darum geht, schnell und ohne eine intensive Beschäftigung mit den Bestimmungsobjekten zu einem korrekten Bestimmungsergebnis zu gelangen.

Zusammenfassend zeigt der Beitrag Möglichkeiten auf, wie Bestimmungsübungen, die prädestiniert für eine analoge Auseinandersetzung mit biologischen Realobjekten sind, nicht nur in der Phase des Einstiegs mit Hilfe von digitalen Lehr-Lern-Materialien, sondern auch während der Durchführungsphase mit digitalen Medien unterstützt werden können. Die Studierenden lernen dabei *mit* und *über* digitale(n) Medien, insbesondere Bestimmungsapps. Ob aufwendig produzierte Screencasts einen merklichen Vorteil gegenüber reinen Folienvorträgen haben, sollte Gegenstand einer weiteren Untersuchung sein.

Literatur und Internetquellen

- Aichele, D. & Schwegler, H.-W. (2000). *Die Blütenpflanzen Mitteleuropas. Einführung* (Die Blütenpflanzen Mitteleuropas, Bd. 1) (2., überarb. Aufl.). Franckh-Kosmos.
- Anders, P., Staiger, M., Albrecht, C., Rüssel, M. & Vorst, C. (2019). *Einführung in die Filmdidaktik: Kino, Fernsehen, Video, Internet*. J.B. Metzler. <https://doi.org/10.1007/978-3-476-04765-6>
- Bazhin, A. (2017). *Lernen lernen in Studium & Weiterbildung: Schlüsselkompetenzen und Lernmethoden für den persönlichen Erfolg*. Schäffer-Poeschel. <https://doi.org/10.34156/9783791037509>
- Beudels, M. (2021). *Kohärenz und Vielperspektivität im Sachunterrichtsstudium – Status quo und Wirksamkeit kohärenter, vielperspektivischer universitärer Lehrveranstaltungen sowie Entwicklung von Educative Curriculum Materials*. Bergische Universität Wuppertal, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften.
- Beudels, M., Schilling, Y. & Preisfeld, A. (2022). Mit Experimenten zu Wasserläufer & Co Kohärenz erleben. Potenziale eines interdisziplinären, experimentellen Kurses zur Professionalisierung angehender Sachunterrichtslehrkräfte. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 4 (1), 30–72. <https://doi.org/10.11576/dimawe-5425>
- Beudels, M., Westerholt, D., Preisfeld, A. & Damerau, K. (2021). Biologische Bestimmungsapps in der Lehre – Eine Studie zum „Status quo“ angehender Lehrkräfte.

- Journal für Didaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik (F)*, 5, 141–163.
- Blackmagic Design. (2021). *DaVinci Resolve 17*. Zugriff am 25.03.2022. <https://www.blackmagicdesign.com/de/products/davinciresolve/>
- Blaseio, B. (2015). *Das schnelle Methoden-1x1 – Sachunterricht. Mit Arbeitsmaterialien*. Cornelsen.
- Blinkert, B., Reidl, K. & Schemel, H.-J. (2008). Naturerfahrungsräume im besiedelten Bereich: Ergebnisse eines Forschungsprojekts. In Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), *Kind und Natur in der Stadt: Spielraum Natur. Ein Handbuch für Kommunalpolitik und Planung sowie Eltern und Agenda-21-Initiativen* (S. 119–136). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-389217>
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft). (2016). *Ergebnisse der Bundeswaldinventur 2012 (Stand Dezember 2016)*. https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Downloads/BMEL_BWI_Bericht_Ergebnisse_2012_RZ02_web-4.pdf
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft). (2021). *Waldbericht der Bundesregierung 2021*. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldbericht2021.pdf;jsessionid=27DA903A2C872E61C0AA9C6519FAE20C.live832?__blob=publicationFile&v=10
- Brooke Lea, R., Rapp, D.N., Elfenbein, A., Mitchel, A.D. & Swinburne Romine, R. (2008). Sweet Silent Thought: Alliteration and Resonance in Poetry Comprehension. *Psychological Science*, 19 (7), 709–716. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02146.x>
- Bütler, R., Lachat, T., Krumm, F., Kraus, D. & Larrieu, L. (2020). Habitatbäume kennen, schützen und fördern. *Merkblatt für die Praxis*, 25 (64), 1–12.
- Chen, C.-M. & Wang, H.-P. (2011). Using Emotion Recognition Technology to Assess the Effects of Different Multimedia Materials on Learning Emotion and Performance. *Library and Information Science Research*, 33 (3), 244–255. <https://doi.org/10.1016/j.lisr.2010.09.010>
- Chen, C.-M. & Wu, C.-H. (2015). Effects of Different Video Lecture Types on Sustained Attention, Emotion, Cognitive Load, and Learning Performance. *Computers & Education*, 39 (80), 108–121. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.015>
- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39 (2), 223–238. <https://doi.org/10.25656/01:11173>
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5., vollst. überarb., aktual. Aufl.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Dorber, H. & Schelenz, U. (1997). Tanne, Fichte oder Kiefer? – Bestimmen schafft Klarheit. *Sache, Wort, Zahl*, 25 (9), 11–22.
- Eber, M. & Schön, S. (2017). Lern- und Lehrvideos: Gestaltung, Produktion, Einsatz. In K. Wilbers & A. Hohenstein (Hrsg.), *Handbuch E-Learning. Expertenwissen aus Wissenschaft und Praxis – Strategien, Instrumente, Fallstudien* (71. Erg.-Lieferung) (S. 1–14). https://www.researchgate.net/publication/320921379_Lern-_und_Lehrvideos_Gestaltung_Produktion_Einsatz
- Europäische Kommission. (2020, 20. Mai). *EU-Biodiversitätsstrategie für 2030. Mehr Raum für die Natur in unserem Leben*. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF
- Feketitsch, D. (2013). *Eikes Baumschule – Entwicklung und Evaluation einer Online-Bestimmungshilfe für Kinder*. Pädagogische Hochschule Karlsruhe. https://phka.bs-z-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/7/file/feketitsch_dissertation2013.pdf
- Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und*

- Praxis der Medienbildung*, 19 (35), 16–36. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2019.10.01.X>
- Fleischhack, M. (2015). *Sherlock Holmes*. Lambert Schneider.
- Frobel, K. & Schlumprecht, H. (2016). Erosion der Artenkenner: Ergebnisse einer Befragung und notwendige Reaktionen. *Naturschutz & Landschaftsplanung*, 48 (4), 105–113.
- GDSU (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts). (2014). *Die Didaktik des Sachunterrichts und ihre Fachgesellschaft GDSU e.V.* Klinkhardt.
- Gemeinholzer, B. (2018). *Systematik der Pflanzen kompakt*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55234-6>
- Gliniars, R., Steiner, A.M. & Bäßler, R. (2016). *Universität Hohenheim Aktion Baum des Jahres*. https://www.uni-hohenheim.de/fileadmin/uni_hohenheim/Universitaet/Infomaterial-Bilder/Infomaterial/Baeume_des_Jahres.pdf
- Grebe, L. (2021). Screencasts: The Mediating Role of Relevance in the Relationship between Attention and Confidence in the ARCS Model. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 16 (3), 17–38. <https://doi.org/10.4018/IJWLTT.20210501.oa2>
- Green, K.R., Pinder-Grover, T. & Millunchick, J.M. (2012). Impact of Screencast Technology: Connecting the Perception of Usefulness and the Reality of Performance. *Journal of Engineering Education*, 101 (4), 717–737. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb01126.x>
- Groß, J. (2018). „Kann man da das Internet auch ausschalten?“ – Digitale Werkzeuge im Spannungsfeld zwischen Spielen und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In C. Bär, T. Grädler & R. Mayr (Hrsg.), *Digitalisierung im Spannungsfeld von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Recht* (Wissenschaft und Recht, Bd. 2) (S. 47–61). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56438-7_4
- H5P (o.J.). *About the Project*. <https://h5p.org/about-the-project>
- Handke, J. (2020). *Handbuch Hochschullehre digital: Leitfaden für eine moderne und mediengerechte Lehre* (3., aktual. u. erw. Aufl.). Tectum. <https://doi.org/10.5771/9783828875302>
- Hartsell, T. & Yuen, S. (2006). Video Streaming in Online Learning. *AACE Journal*, 14 (1), 31–43.
- Hickler, T., Bolte, A., Hartard, B., Beierkuhnlein, C., Blaschke, M., Blick, T., Brüggemann, W., Dorow, W.H.O, Fritze, M.-A., Gregor, T., Ibsch, P., Kölling, C., Kühn, I., Musche, M., Pompe, S., Petercord, R., Schweiger, O., Seidling, W., Trautmann, S. ... Wellbrock, N. (2012). Folgen des Klimawandels für die Biodiversität in Wald und Forst. In V. Mosbrugger, G. Brasseur, M. Schaller & B. Stribny (Hrsg.), *Klimawandel und Biodiversität: Folgen für Deutschland* (S. 164–221). Wissenschaftliche Buchgesellschaft. <https://doi.org/10.13140/2.1.4759.9049>
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. IPN.
- Horgan, K., Schmid, B. & Petchey, O. (2014). Der Einfluss der Biodiversität. *Hotspot*, 30, 6–7. <https://doi.org/10.5167/uzh-99809>
- Jesus, R. & Moreira, F. (2009). Students Prefer Screencasts: The New Face of Early Days Distance Education. *Proceedings of the IADIS International Conference e-Learning 2009*, (1–2), 155–162.
- Jones, H.G. (2020). What Plant Is That? Tests of Automated Image Recognition Apps for Plant Identification on Plants from the British Flora. *AoB PLANTS*, 12 (6), 1–9. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plaa052>
- Kelemen-Finan, J. & Dedova, I. (2014). Vermittlung von Artenkenntnis im Schulunterricht. Ergebnisse einer Befragung von Lehrpersonal in Österreich und bildungspolitische Relevanz. *Naturschutz und Landschaftsplanung – Zeitschrift für angewandte Ökologie*, 46 (7), 219–225.

- Körner, C. (2020). Biodiversität, Kohlenstoffkreislauf und Klimawirkungen sind im Wald eng verknüpft. In K. Bollmann (Hrsg.), *Biodiversität im Schweizer Wald* (WSL Berichte, Bd. 100) (S. 65–70). Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.
- Kohler, M. (2008). Futuristisches Design. In M. Erlhoff & T. Marshall (Hrsg.), *Wörterbuch Design: Begriffliche Perspektiven des Design* (S. 160–162). Birkhäuser. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7643-8142-4_113#citeas
- Krämer, A. & Böhrs, S. (2017). How Do Consumers Evaluate Explainer Videos? An Empirical Study on the Effectiveness and Efficiency of Different Explainer Video Formats. *Journal of Education and Learning*, 6 (1), 254–266. <https://doi.org/10.5539/jel.v6n1p254>
- Krieghofer, G. (2017, 20. September). *Zitatforschung* „Habt Ehrfurcht vor dem Baum, er ist ein einziges großes Wunder, und euren Vorfahren war er heilig. Die Feindschaft gegen den Baum ist ein Zeichen von Minderwertigkeit eines Volkes und von niedriger Gesinnung des einzelnen.“ *Alexander von Humboldt (angeblich)*. <https://falschzitate.blogspot.com/2017/09/habt-ehrfurcht-vor-dem-baum-er-ist-ein.html>
- Krüger, D. & Burmester, A. (2005). Wie Schüler Pflanzen ordnen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 85–102.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3., überarb. Aufl.). Beltz.
- Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht: Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 5 (59), 13–25.
- Kunze, S. & Blanck, K. (2021). *Renaturierung von Waldböden. Prinzip der biologischen Intervention*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32740-8>
- Lack, H.W. (2003). Botanische Feldarbeit: Humboldt und Bonpland im tropischen Amerika (1799–1804). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie B für Botanik und Zoologie*, 105, 493–514.
- Lauer, G. (2020). Gibt es digitales Lernen? In M. Demantowsky, G. Lauer, R. Schmidt & B. te Wildt (Hrsg.), *Was macht die Digitalisierung mit den Hochschulen? Einwürfe und Provokationen* (S. 77–87). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110673265>
- Leiner, D.J. (2019). *SoSci Survey (Version 3.1.06)* [Computer Software]. <https://www.sosurvey.de>
- Lindemann-Matthies, P. (2002). The Influence of an Educational Program on Children’s Perception of Biodiversity. *Journal of Environmental Education*, 33 (2), 22–31. <https://doi.org/10.1080/00958960209600805>
- Lindemann-Matthies, P. (2006). Investigating Nature on the Way to School: Responses to an Educational Programme by Teachers and Their Pupils. *International Journal of Science Education*, 28 (8), 895–918. <https://doi.org/10.1080/10670560500438396>
- Lindemann-Matthies, P., Junge, X. & Matthies, D. (2010). The Influence of Plant Diversity on People’s Perception and Aesthetic Appreciation of Grassland Vegetation. *Biological Conservation*, 143 (1), 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.10.003>
- Lindner, M. (2014). Digitale Medien in der Outdoor-Education. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 229–234). Joachim Herz Stiftung.
- Lloyd, S.A. & Robertson, C.L. (2012). Screencast Tutorials Enhance Student Learning of Statistics. *Teaching of Psychology*, 39 (1), 67–71. <https://doi.org/10.1177/0098628311430640>
- LMU (Ludwig-Maximilians-Universität) München. (o.J.). *BISA. Testberichte Bestimmungssapps*. <https://www.bisa100.de/beobachten-erkennen/bestimmungssapps>

- Mäder, P., Boho, D., Rzanny, M., Seeland, M., Wittich, H.C., Deggelmann, A. & Wäldchen, J. (2021). The Flora Incognita App – Interactive Plant Species Identification. *Methods in Ecology & Evolution*, 12 (7), 1335–1342. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13611>
- Magistrat der Kurstadt Bad Orb. (2021). *Stadtwald – Vergangenheit & Gegenwart*. <https://stadt-bad-orb.de/Natur-Umwelt/Natur-und-Stadtwald/Stadtwald-Vergangenheit-Gegenwart/>
- Malicky, H. (2019). *Vom Handwerk der Entomologie*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-59525-1>
- Marczuk, A., Multrus, F. & Lörz, M. (2021). *Die Studiensituation in der Corona-Pandemie. Auswirkungen der Digitalisierung auf die Lern- und Kontaktsituation von Studierenden*. Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung. https://doi.org/10.34878/2021.01.dzhw_brief
- Mayer, R.E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl.) (S. 43–71). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Beltz.
- Medienberatung NRW. (2019). *Datenschutz an Schulen in NRW. Handreichung für Schulen*. https://www.medienberatung.schulministerium.nrw.de/_Medienberatung-NRW/Publikationen/Datenschutz_Schulen_NRW_2019.pdf
- Möller, J. & Trautwein, U. (2020). Selbstkonzept. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (3., vollst. überarb. u. aktual. Aufl.) (S. 187–209). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61403-7_8
- Morris, C. & Chikwa, G. (2014). Screencasts: How Effective Are They and How Do Students Engage with Them? *Active Learning in Higher Education*, 15 (1), 25–37. <https://doi.org/10.1177/1469787413514654>
- mpfs (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest). (2019). *JIM-Studie 2019. Jugend, Information, Medien: Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger*. http://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2019/JIM_2019.pdf
- MSB NRW (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen). (2021). *Lehrplan für die Primarstufe in Nordrhein-Westfalen. Fach Sachunterricht*. https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/292/ps_lp_su_einzeldatei_2021_08_02.pdf
- Müller, F., Ritz, C., Welk, E. & Wesche, K. (2016). *Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland: Gefäßpflanzen: Kritischer Ergänzungsband* (11. Aufl.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-3132-5>
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik: Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>
- Pädagogische Hochschule Karlsruhe. (o.J.). *Eikes Baumschule*. <https://baum.bio-div.de>
- Pärtel, J., Pärtel, M. & Wäldchen J. (2021). Plant Image Identification Application Demonstrates High Accuracy in Northern Europe. *AoB PLANTS*, 13 (4), 1–10. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plab050>
- Parchmann, I. & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 193–207). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_12
- Plass, J.L., Heidig, S., Hayward, E.O., Homer, B.D. & Um, E. (2014). Emotional Design in Multimedia Learning: Effects of Shape and Color on Affect and Learning. *Learning and Instruction*, 29, 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.02.006>
- Porst, R. (2014). *Fragebogen: Ein Arbeitsbuch* (4., erw. Aufl.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-02118-4>

- Radtke, S.P., Pisani, P. & Wolters, W. (2013). *Handbuch visuelle Mediengestaltung: visuelle Sprache, Grundlagen der Gestaltung, Konzeption digitaler Medien, Skills für Berufsanfänger* (7. Aufl.). Cornelsen.
- Rindermann, H. (2003). Lehrevaluation an Hochschulen: Schlussfolgerungen aus Forschung und Anwendung für Hochschulunterricht und seine Evaluation. *Zeitschrift für Evaluation*, 2, 233–256.
- Ronzheimer, M. (2019, 29. August). „Die Natur muss gefühlt werden“. taz. <https://taz.de/Alexander-von-Humboldts-250/15619040/>
- Rzanny, M., Seeland, M., Wäldchen, J. & Mäder, P. (2017). Acquiring and Preprocessing Leaf Images for Automated Plant Identification: Understanding the Tradeoff between Effort and Information Gain. *Plant Methods*, 13 (97), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13007-017-0245-8>
- Rzanny, M., Wittich, H.C., Mäder, P., Deggelmann, A., Boho, D. & Wäldchen, J. (2022). Image-Based Automated Recognition of 31 Poaceae Species: The Most Relevant Perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.804140>
- Safar, A.H. (2018). BYOD in Higher Education: A Case Study of Kuwait University. *Journal of Educators Online*, 15 (2). <https://doi.org/10.9743/jeo.2018.15.2.9>
- Schaarschmidt, N., Albrecht, C. & Börner, C. (2016). Videoeinsatz in der Lehre. Nutzung und Verbreitung in der Hochschule. In W. Pfau, C. Baetge, S.M. Bedenlier, C. Kramer & J. Stöter (Hrsg.), *Teaching Trends 2016. Digitalisierung in der Hochschule: Mehr Vielfalt in der Lehre* (S. 39–48). Waxmann.
- Schellenbach-Zell, J., Wittwer, J. & Nückles, M. (2019). Das Theorie-Praxis-Problem in Praxisphasen der Lehramtsausbildung. Ansätze und mögliche Perspektiven. In M. Degeling, N. Franken, S. Freund, S. Greiten, D. Neuhaus & J. Schellenbach-Zell (Hrsg.), *Herausforderung Kohärenz: Praxisphasen in der universitären Lehrerbildung. Bildungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektive* (S. 160–171). Klinkhardt.
- Scherer-Lorenzen, M. (2020). Die funktionelle Bedeutung der biologischen Vielfalt in mitteleuropäischen Wäldern. In K. Bollmann (Hrsg.), *Biodiversität im Schweizer Wald* (WSL Berichte, Bd. 100) (S. 7–14). Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.
- Schmidt, E. (2021). Naturerfahrungen durch Bestimmungsapps. In D. Graf, N. Graulich, K. Lengnink, H. Martinez & C. Schreiber (Hrsg.), *Digitale Bildung für Lehramtsstudierende: TE@M – Teacher Education and Media* (S. 167–173). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32344-8_23
- Schminke, H.K. (1997). Naturschutzarbeit und Biodiversitätsforschung ohne systematische Zoologie? *Biologie in unserer Zeit*, 27 (5), 340–345. <https://doi.org/10.1002/biuz.960270518>
- Schulte, R., Jedicke, E., Lüder, R., Linnemann, B., Munzinger, S., von Ruschkowski, E. & Wägele, W. (2019). Eine Strategie zur Förderung der Artenkenntnis: Bedarf und Wege zur Qualifizierung von Naturbeobachtern, Artenkennern und Artenspezialisten. *Naturschutz & Landschaftsplanung*, 51 (5), 210–217.
- Schwedt, G. (2021). *Forstbotanik. Vom Baum zum Holz*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-63407-3>
- Siethoff, P. (2021, 04. Februar). *Elon Musk: Multimilliardär, Seriengründer – Visionär?* Frankfurter Rundschau. <https://www.fr.de/panorama/elon-musk-tesla-spacex-milliardaer-hyperloop-openai-grimes-90191453.html>
- Simonis, A. (2016). „Alles ist Wechselwirkung“: zu Andrea Wulfs neuer Biographie über Alexander von Humboldt: „The Invention of Nature“. *Komparatistik Online*, 14–19.
- Staeck, L. (2009). *Zeitgemäßer Biologieunterricht: Eine Didaktik für die neue Schulbiologie* (6., völlig neu bearb. Aufl.). Schneider Hohengehren.

- Sugar, W., Brown, A. & Luterbach, K. (2010). Examining the Anatomy of a Screencast: Uncovering Common Elements and Instructional Strategies. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 11 (3), 1–20. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v11i3.851>
- UN-Klimakonferenz (COP 26). (2021, 02. November). *Glasgow Leaders' Declaration on Forests and Land Use*. <https://ukcop26.org/glasgow-leaders-declaration-on-forests-and-land-use/>
- Wäldchen, J. & Mäder, P. (2018). Plant Species Identification Using Computer Vision Techniques: A Systematic Literature Review. *Archives of Computational Methods in Engineering: State of the Art Reviews*, 25 (2), 507–543. <https://doi.org/10.1007/s11831-016-9206-z>
- Wäldchen, J., Rzanny, M., Seeland, M. & Mäder, P. (2018). Automated Plant Species Identification-Trends and Future Directions. *PLoS Computational Biology*, 14 (4), e1005993. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005993>
- Wäldchen, J., Thuille, A., Seeland, M., Rzanny, M., Schulze, E.D., Boho, D., Alaqrara, N., Hofmann, M. & Mäder, P. (2016). Flora Incognita – Halbautomatische Bestimmung der Pflanzenarten Thüringens mit dem Smartphone. *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen*, 53 (3), 121–125.
- Walter, D.E. & Winterton, S. (2007). Keys and the Crisis in Taxonomy: Extinction or Reinvention? *Annual Review of Entomology*, 52, 193–208. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151054>
- Weber, E. (2018). *Biodiversität – Warum wir ohne Vielfalt nicht leben können*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55624-5>
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und -niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 7, 129–143.
- Wolf, K.D. (2015). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In A. Hartung, T. Ballhausen, C. Trültzsch-Wijnen, A. Barberi & K. Kaiser-Müller (Hrsg.), *Filmbildung im Wandel* (S. 121–131). new academic press.
- ZDF (Zweites Deutsches Fernsehen). (2019a). *Alexander von Humboldt: der erste Wikipedianer?* Zugriff am 03.05.2022. <https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x/war-humboldt-der-erste-wikipedianer-100.html>
- ZDF (Zweites Deutsches Fernsehen). (2019b). *Humboldt und die Neuentdeckung der Natur*. Zugriff am 03.05.2022. <https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x/humboldt-und-die-neuentdeckung-der-natur-100.html>
- Zinka, P. (1995). Anatomisch-morphologische Analyse der Nadeln von *Picea omorika* (Pancic) Purk., *P. sitchensis* (Bong.) Carr. und deren künstlicher Hybriden. *Saunteria-Schriftenreihe für systematische Botanik, Floristik u. Geobotanik*, 6, 75–82.

Beitragsinformationen

Zitationshinweis:

Hanses, S., Westerholt, D., Preisfeld, A., Kuckuck, M. & Beudels, M. (2022). Humboldt *versus* Hightech?! Entwicklung und Erprobung eines Lehrkonzeptes zur Integration von Bestimmungsapps in die universitäre Sachunterrichtslehrpersonenbildung. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 4 (1), 116–152. <https://doi.org/10.11576/dimawe-6086>

Online-Supplements:

- 1) Screencast
- 2) Schriftlicher Arbeitsauftrag
- 3) Übersicht über Bestimmungsapp-Eigenschaften
- 4) Vorlage für Abgabe der Bestimmungsergebnisse
- 5) Musterlösung zur Selbstkontrolle

Online verfügbar: 16.12.2022

ISSN: 2629–5598



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>