

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Der Park als außerschulischer Lernort im Biologieunterricht: Ein verständnisförderndes Unterrichtskonzept zum Thema „Fortpflanzung von Pflanzen“

verfasst von / submitted by

Isabella Haidl, BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree
of

Master of Education (MEd)

Wien, 2021 / Vienna 2021

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 199 502 506 02

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Lehrverbund
UF Biologie und Umweltkunde Lehrverbund
UF Deutsche Philologie

Betreut von / Supervisor:

Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Wien, Juli 2021

Unterschrift

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	2
1.1	Relevanz der Forschungsthematik	3
1.2	Research gap und Forschungsfragen	6
1.3	Hypothese	7
2	Fachliche und didaktische Klärung	9
2.1	Modell der didaktischen Rekonstruktion	9
2.2	Begriffsdefinitionen im Bereich Fortpflanzung von Pflanzen	12
2.2.1	Aufbau von Pflanzen	12
2.2.2	Aufbau von Zwitterblüten	13
2.2.3	Sexuelle Fortpflanzung	16
2.2.4	Asexuelle Fortpflanzung	21
2.2.5	Keimung	23
2.3	Sprache im Biologieunterricht	24
2.3.1	Sprachliche Besonderheiten	29
2.3.2	Sprachregister: Fachsprache und Fachwortschatz	30
2.3.3	Sprachliche Kompetenzen (Operatoren)	35
2.4	Außerschulisches Lernen im Biologieunterricht am Beispiel des Parks	36
2.4.1	Begriffsdefinition	36
2.4.2	Vor- und Nachteile	37
2.4.3	Planung von außerschulischem Unterricht	38
3	Methodik	39
3.1	Befragung ausgewählter SuS	39
3.2	Rahmenbedingungen des Unterrichtskonzepts	41
3.2.1	Lehrplanbezug	41
3.2.2	Schülervorstellungen und „Folgen“ für das Konzept	42
3.2.3	Begriffliche Schwierigkeiten	45

3.3	Unterrichtskonzept	46
3.3.1	Modul 1 – Pflanzenverständnis	48
3.3.2	Modul 2 – Aufbau von Blütenpflanzen	48
3.3.3	Modul 3 – Sexuelle Fortpflanzung	50
3.3.4	Modul 3.1 – Bestäubung	50
3.3.5	Modul 3.2 – Pollenschlauchwachstum und Befruchtung	53
3.3.6	Modul 3.3 – Frucht- und Samenausbreitung	55
3.3.7	Modul 4 – Asexuelle Fortpflanzung	56
3.3.8	Modul 5 – Keimung	57
4	Interventionsstudie	60
4.1	Rahmenbedingungen	60
4.1.1	Schule	60
4.1.2	Stichprobe	60
4.1.3	Auswahl des außerschulischen Lernortes	61
4.1.4	Variablenkontrollstrategie	61
4.2	Fragebogen	63
4.3	Datenerhebung und –auswertung	64
5	Ergebnisse	69
5.1	Quantitative Datenanalyse	69
5.2	Qualitative Datenanalyse	72
6	Fazit und Diskussion	85
7	Abkürzungsverzeichnis	88
8	Literaturverzeichnis	89
9	Anhang	96

ZUSAMMENFASSUNG

Die große Relevanz der Thematik „Fortpflanzung von Pflanzen“ liegt aufgrund der Basis des Verständnisses für ökologische Kreisläufe sowie als Nahrungs- und Energiegrundlage auf der Hand. Demgegenüber steht jedoch das abnehmende Interesse von Lernenden an botanischen Inhalten sowie die Herausforderung, in einer mehrsprachigen Gesellschaft schulische Inhalte so zu vermitteln, dass sich keine Benachteiligungen durch sprachliche Barrieren ergeben. Im Kontext des Biologieunterrichts besteht zudem die Forderung nach einer Arbeit am Gegenstand selbst, womit primär das Arbeiten draußen in der Natur gemeint ist. Die hier vorliegende Masterarbeit nimmt sich diesen Herausforderungen an, indem versucht wird, ein außerschulisches Unterrichtskonzept zu entwickeln, das zur Förderung des Verständnisses Merkmale der Sprachsensibilität enthält, um damit vor allem Schülerinnen und Schüler mit Deutsch als Zweitsprache sprachlich zu unterstützen. Im Rahmen dieses Unterrichtskonzepts wird zudem mittels einer Interventionsstudie erhoben, ob sich die Durchführung in einem städtischen Park auf den Wissenszuwachs der Lernenden im Vergleich zum Unterricht im Klassenraum auswirkt.

ABSTRACT

The relevance of the topic „plant reproduction“ seems to be obvious due to the understanding of ecological cycles and as a fundamental basis for food- and energy source. In contrast to that pupils' interests in botanical contents decrease with their age. At the same time there is the challenge of teaching school content in a multilingual society in such a way that there are no disadvantages due to language barriers. In the context of biology classes there is also the requirement to work on the object itself, which primarily means outside in the nature. This master's thesis deals with these challenges by attempting to develop an extracurricular teaching concept that contains features of language sensitivity to promote understanding, in order to provide linguistic support especially for students with German as a second language. As part of this teaching concept, an intervention study is also performed to determine whether the implementation of the concept in an urban park results in a learners' increase in knowledge compared to teaching in the classroom.

1 EINLEITUNG

Die große Bedeutung des Themas „Fortpflanzung von Pflanzen“ ergibt sich aus der Tatsache, dass es die Basis für das Verständnis ökologischer Kreisläufe sowie die Voraussetzung für die Nahrungs- und Energieversorgung von Mensch und Tier ist. Ein Großteil des Lebens auf der Erde ist damit von der Existenz von Pflanzen abhängig, weswegen eine Thematisierung der Fortpflanzung von Pflanzen im schulischen Biologieunterricht unverzichtbar ist. Demgegenüber steht jedoch das abnehmende Interesse an botanischen Themen und speziell an Pflanzen (*Plant Blindness*). Wenn man in diesem Kontext die gegenwärtige Forderung an den Biologieunterricht, möglichst nahe am Gegenstand – also an der Natur – zu arbeiten bedenkt, scheint es auf der Hand zu liegen, das Thema „Fortpflanzung von Pflanzen“ nicht im Klassenraum, sondern draußen in der Natur zu vermitteln. Das Gelingen einer derartigen Umsetzung hängt jedoch im Kontext unserer immer stärker mehrsprachig ausgerichteten Gesellschaft besonders auch von sprachlichen Faktoren ab. Denn worin liegt der Nutzen einer perfekt geplanten außerschulischen Vermittlung botanischer Inhalte, wenn es am sprachlichen Verständnis der Lernenden scheitert?

Genau an diesem Knackpunkt setzt die hier vorliegende Masterarbeit an, indem versucht wird, ein außerschulisches Unterrichtskonzept zu entwickeln, das den sprachlichen Anforderungen von Lernenden, deren Erstsprache nicht Deutsch ist, möglichst gerecht werden soll. Da die Entwicklung eines Unterrichtskonzepts jedoch immer auch eine Erprobung verlangt, wird mithilfe einer Interventionsstudie ermittelt, ob und inwiefern die Durchführung des Konzepts in einem städtischen Park Effekte auf den Wissenszuwachs der Lernenden hat.

Die Konzeption baut auf einer modularen Abfolge von fünf Teilen auf, in denen verschiedene Lebensstadien von Pflanzen thematisiert werden, und wird von einem Lernheft begleitet, welches den Schülerinnen und Schülern zur Sicherung und Anwendung des Gelernten dient. Beides sind Produkte dieser Masterarbeit und werden daher im Anhang vollständig angeführt.

1.1 Relevanz der Forschungsthematik

Die Thematisierung der Fortpflanzung von Pflanzen im Rahmen des schulischen Biologieunterrichts ist essentiell, weil sie die Basis für das Verständnis ökologischer Kreisläufe darstellt. Ergänzend dazu ist es auch die Fähigkeit, Photosynthese zu betreiben und dadurch lebenswichtige Stoffumwandlungen durchzuführen, sowie die Rolle als Nahrungs- und Energiegrundlage für Mensch und Tier, die eine Behandlung botanischer Inhalte im Biologieunterricht unerlässlich macht. Besonders die Vermittlung der Fortpflanzung von Blütenpflanzen ist diesbezüglich insofern ein relevantes Themenfeld, als sie grundlegend für das Verständnis der Lebensbedingungen zahlreicher Nutzpflanzen ist.

Demgegenüber steht der allgemeine Konsens darüber, dass die Vermittlung botanischer Inhalte für den Biologieunterricht aufgrund der sogenannten *Plant Blindness* herausfordernd ist (Lampert, Scheuch et al., 2018: S. 10). Das damit beschriebene Phänomen bezeichnet die Tendenz in Menschen, Pflanzen (im Vergleich zu Tieren) nicht nur weniger Beachtung zu schenken, sondern auch weniger Bedeutung beizumessen (Balding & Williams, 2016: S. 193). Es liegt auf der Hand, dass diese Problematik auch vor der Schule keinen Halt macht. So überrascht es nicht, dass botanische Inhalte in Biologiebüchern keinen großen Anteil ausmachen und das Interesse von Lehrpersonen sowie Schülerinnen und Schülern zu Gunsten der Fauna ausgebildet ist (vgl. Lampert, Scheuch et al., 2018: S. 10 nach Wandersee, 1986; Holstermann & Bögelholz, 2007). Doch damit noch nicht genug: Einige Forschungsarbeiten zeigen, dass es für eine Vielzahl von Lernenden schwierig ist, das Phänomen der pflanzlichen Fortpflanzung zu verstehen. Es hat sich unter anderem gezeigt, dass Schülerinnen und Schülern besonders das Verknüpfen der Lebensstadien von Pflanzen schwerfällt und gewisse Schülervorstellungen¹ zu Schwierigkeiten im Wissenserwerb führen können (vgl. Lampert, Scheuch et al., 2018: S. 10; Benkowitz & Lehnert, 2010: S. 39–40; Quinte, Lindemann-Matthies & Lehnert, 2016: S. 42–48).

Doch worin liegt nun der Nutzen der schulischen Vermittlung botanischer Inhalte, wenn es bereits am sprachlichen Verständnis der Lernenden scheitert? Die

¹ Aufgrund der besseren Leserlichkeit wird beim Begriff „Schülervorstellung“ in Singular sowie Plural auf eine gendergerechte Schreibweise verzichtet. Es ist jedoch hervorzuheben, dass damit stellvertretend sowohl Schülerinnenvorstellungen als auch Schülervorstellungen zu verstehen sind.

sprachlich sowie kulturell diverse Gesellschaft stellt neue Anforderungen an die fachdidaktische Gestaltung schulischer Bildung (vgl. Tajmel, 2009: S. 139). Die Zahlen des BMBWF (2020c) zeigen, dass im Schuljahr 2018/19 bereits jede/r vierte Schüler/in im Alltag neben Deutsch auch noch eine oder mehrere andere Sprache(n) spricht. Im Kontext einer heutzutage immer stärker zunehmenden multikulturellen und heterogenen Klassenzusammensetzung ist es daher essentiell, den Unterricht auf die sprachlichen Rahmenbedingungen der Lernenden abzustimmen. Immerhin „hängt der Erfolg der fachlichen Arbeit von der sprachlichen [Arbeit] ab“ (Butler & Goschler, 2019: S. 77), weswegen die „Förderung der Sprachkompetenz im Bereich der Alltags- und Fachsprache“ im Biologieunterricht mittlerweile im österreichischen Lehrplan verankert ist (BMBWF, 2020a: S. 69). Das ist insofern relevant, als gerade der naturwissenschaftliche Unterricht eine spezifische Fachsprache aufweist, die sich stark vom alltäglichen Sprachgebrauch unterscheidet und damit zu einer wahren Herausforderung für Schülerinnen und Schüler mit Deutsch als Zweitsprache (nachfolgend mit DaZ abgekürzt) werden kann.

Im Kontext des Biologieunterrichts sollte angenommen werden, dass sich die Lernenden viel mit der Natur beschäftigen. Um allerdings Zusammenhänge der Umwelt verstehen zu können, müssen Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit haben, auch am Gegenstand selbst zu arbeiten – also im Freiland bzw. an außerschulischen Lernorten (vgl. Gerhardt & Müller, 2001: S. 99–100). Gerade ein naturwissenschaftliches Unterrichtsfach wie die Biologie, die sich mit der Lehre des Lebens beschäftigt, bietet zahlreiche Möglichkeiten, den Unterrichtsgegenstand mit der Natur selbst verschmelzen zu lassen.

Für eine solche Didaktik am Gegenstand selbst eignet sich außerschulisches Lernen besonders gut. Der Terminus „außerschulischer Lernort“ wird dementsprechend als „unterrichtliche Aktivität außerhalb der Schule, bei der es vorwiegend um eine alltagsweltlich orientierte Erschließung unterschiedlicher Lernbereiche sowie um eine Anwendung von schulisch erworbenen Kompetenzen in lebensnahen Lernsituationen geht“ verstanden (Erhorn & Schwier, 2016: S. 7). Solche Primärerfahrungen wirken sich durch den direkten Kontakt mit der Natur nicht nur positiv auf Lernprozesse aus, sondern auch auf das Umweltbewusstsein der Lernenden (Killermann et al., 2013: S. 96–98). Als außerschulische Lernorte im Biologieunterricht eignen sich neben Wäldern, Flüssen, Nationalparks und Wiesen auch Parks

besonders aufgrund ihres nahen Lebensbezugs für Kinder gut. Vor allem für diejenigen, die in einem städtischen Gebiet wie Wien aufwachsen und dementsprechend einen unzureichenden oder gar keinen Zugang zur Natur haben, bieten Parkanlagen eine vielversprechende und organisatorisch leicht umsetzbare Möglichkeit als außerschulischen Lernort an, an dem die Lernenden direkte Naturerfahrungen sammeln können. Schon 1992 zeigten Berck und Klee, dass eigene Naturbegegnungen nicht nur das Interesse fördern, sondern auch eine Faszination hervorrufen, die von kognitiver und emotionaler Befriedigung gefolgt ist. Trotz der erwiesenen Vorteile außerschulischen Lernens findet dieses heutzutage immer noch selten statt (vgl. Gebhardt, 2016: S. 2). Dafür können mehrere Faktoren wie Unsicherheit, Ängste, rechtliche Rahmenbedingungen oder Zeit- bzw. Ressourcenmangel verantwortlich sein (vgl. dazu Pleyer, 2018: S. 23–27).

1.2 Research gap und Forschungsfragen

Aufgrund der im vorherigen Unterkapitel umrissenen Problemstellung soll in Form einer Masterarbeit versucht werden, ein verständnisförderndes Unterrichtskonzept auf Basis sprachsensibler Methodiken nach Leisen (2013) zu erstellen. Dieses Unterrichtskonzept ist auf das Thema „Fortpflanzung von Pflanzen“ ausgelegt und soll Biologie-Lehrkräfte unterstützen, um ihren Unterricht im Rahmen dieses Lehrstoffbereichs außerschulisch in einem Park halten zu können. Die Forschungsarbeit widmet sich dementsprechend der schulischen Fachdidaktik im Bereich der Biologie bzw. genauer gesagt einem didaktischen Konzept zur Blütenökologie mit sprachlicher Unterstützung. Im thematischen Zentrum steht dabei die Vermittlung der Fortpflanzung von Pflanzen, die im Rahmen eines verständnisfördernden Unterrichtskonzepts an einem außerschulischen Lernort (Park) durchgeführt wird. Auf Basis von Wallach (2020) und Lampert (2020) sollen Schülervorstellungen zur pflanzlichen Fortpflanzung von Anfang an bei der Erarbeitung des Konzepts mitbedacht werden. Damit wird insofern ein maßgeblicher Beitrag zur biologischen Fachdidaktik geleistet, als es bis dato nur sehr wenige Unterrichtskonzepte gibt, die verständnisfördernde Aspekte auf sprachsensiblen Grundlagen explizit miteinbeziehen.

In einem zweiten Teil der Arbeit soll in Form einer Interventionsstudie mit zwei Testklassen ermittelt werden, ob sich das Unterrichten anhand des erstellten Unterrichtskonzepts am außerschulischen Standort „Alfred Böhm Park“ positiv auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Gleichzeitig kann dadurch das Unterrichtskonzept erprobt werden, und auf Grundlage dieser Durchführung anschließend Adaptionen vorgenommen werden.

Die Zielsetzung der Forschungsarbeit liegt, wie bereits darauf hingedeutet, in der Erstellung eines verständnisfördernden Unterrichtskonzepts, welches Lehrkräften das außerschulische Unterrichten des Themas „Fortpflanzung von Pflanzen“ in Parkanlagen ermöglicht. Der verständnisfördernde Charakter soll dabei auf Basis der Anwendung sprachsensibler Methoden nach Leisen (2013) umgesetzt werden, weswegen sich das Konzept vor allem auch für Lernende mit DaZ eignet. Aufgrund des eben konkretisierten *research gaps*, also der Forschungslücke, können in einem nächsten Schritt der Forschungsschwerpunkt und die Forschungsfrage (FF)

formuliert werden. Bezüglich des didaktischen Aspekts der Erstellung des Unterrichtskonzepts lautet der Forschungsschwerpunkt wie folgt:

*Entwicklung eines verständnisfördernden Unterrichtskonzeptes zum Thema
“Fortpflanzung von Pflanzen“ im außerschulischen Lernort städtischer Park.*

Der Schwerpunkt beinhaltet folgende Teilaspekte:

- Entwicklung didaktischer Materialien
- Aufbereitung von Fachbegriffen, die Lernhindernisse darstellen könnten
- Aufbereitung von Metaphern, die irreführend sein könnten
- Aufarbeitung von Schülervorstellungen zur pflanzlichen Fortpflanzung sowie deren Beachtung in der Erstellung des Unterrichtskonzepts

Im Hinblick auf den empirischen Teil der der Masterarbeit (außerschulisches Lernen) ist noch eine Forschungsfrage zu formulieren:

FF: Kann ein städtischer Park als außerschulische Lernorte den Wissenszuwachs von Schülerinnen und Schülern im Vergleich zum Unterricht im Klassenraum erhöhen?

Da der Forschungsschwerpunkt sowie die Forschungsfrage nun definiert wurden, wird in einem nächsten Schritt nun auf Basis der FF eine Hypothese aufgestellt, anhand derer Verifikation bzw. Falsifikation die Beantwortung der FF vorgenommen werden kann.

1.3 Hypothese

Aufgrund der Lektüre einschlägiger didaktischer Literatur, die das Potential außerschulischer Lernorte belegen (vgl. Erhorn & Schwier, 2016; Von Au & Gade, 2016), kann bezüglich der zweiten Forschungsfrage folgende Hypothese aufgestellt werden:

Der Unterricht am außerschulischen Lernort Alfred Böhm Park (1100 Wien) kann sich im Vergleich zum Unterricht im Klassenraum positiv auf den Wissenszuwachs von Schülerinnen und Schülern auswirken.

Die Verifizierung bzw. Falsifizierung dieser Hypothese dient anschließend der Beantwortung der Forschungsfrage. Dabei liegt es auf der Hand, dass diese Untersuchung aufgrund der kleinen Stichprobe lediglich als beispielhaft anzusehen ist.

2 FACHLICHE UND DIDAKTISCHE KLÄRUNG

Bevor die Erstellung des Unterrichtskonzepts sowie die Planung, Durchführung und Evaluation der Interventionsstudie näher erläutert werden können, bedarf es im Vorfeld eine Thematisierung der fachlichen Rahmenbedingungen. Nachfolgend findet deswegen zu allererst eine Auseinandersetzung mit dem Modell der didaktischen Rekonstruktion statt, welches als lehr- und lerntheoretischer Forschungsrahmen dieser Masterarbeit angesehen werden kann. Anschließend wird die fachliche Klärung bestäubungsökologischer Termini und Konzepte vorgenommen. Weiters wird auf den Aspekt der Sprachsensibilität eingegangen, da dieser in Bezug auf die Untersuchungsgruppen (und generell auf eine heterogene Zusammensetzung von Schülerinnen und Schülern) als maßgebliche sprachdidaktische Rahmenbedingung anzusehen ist. Zuletzt wird im Hinblick auf die didaktische Klärung noch auf außerschulisches Lernen am Beispiel des Parks eingegangen.

2.1 Modell der didaktischen Rekonstruktion

Konstruktivistischen Lehr- bzw. Lernansätzen zufolge kann Wissen nicht einfach als Produkt an Schülerinnen und Schüler tradiert werden, da es sich bei der Konstruktion von Wissensbeständen stets um selbstgesteuerte Prozesse handelt, die ein aktives Vorgehen verlangen. Die Grundlage konstruktivistischen Lernens bildet demnach ein Repertoire an bereits vorhandenen individuellen Vorstellungen der Lernenden. Demzufolge baut der konstruktivistische Lernprozess auf der Grundlage von Präkonzepten auf, indem bisherige Wissensbestände mit neuen Elementen verknüpft werden (vgl. Nückles & Wittwer, 2014: S. 227). Konkret bedeutet das, dass Lernende mit vorausgegangenen Erfahrungen und Kenntnissen lernen. Für Lehrpersonen ist es deswegen essentiell, zu wissen, welche solcher Alltagsvorstellungen präsent sind, um im (naturwissenschaftlichen) Unterricht daran anzuknüpfen und diese zuweilen modifizieren zu können (vgl. Nerdel, 2017: S. 80). Ein Lernprozess kann folglich nur dann effektiv sein, wenn eine Anknüpfung fachwissenschaftlich korrekter Inhalte an die individuellen Präkonzepte und Vorstellungen ermöglicht wird.

Genau an dieser Stelle setzt das Modell der *didaktischen Rekonstruktion* an. Aus epistemologischer Sicht basiert es auf konstruktivistischen Positionen und betrachtet die fachliche sowie schülerspezifische Perspektive gleichermaßen, ohne dabei eine der jeweils anderen für die Unterrichtsgestaltung vorzuziehen (vgl. ebd.: S.

80). Es denkt zudem das didaktische Dreieck unter dem Blickwinkel des Lernen und Lehrens mit (vgl. Reinfried, Christian & Kattmann, 2009: S. 405) und stellt dementsprechend stellt den theoretischen Forschungsrahmen dieser Arbeit dar.

Das Modell der *didaktischen Rekonstruktion*, beschreibt einen theoretischen Rahmen zur Planung, Durchführung und Auswertung fachdidaktischer Lehr- und Lerninhalte (vgl. Kattmann, 2007; Nerdel, 2017: S. 80). Es bezieht sich nicht nur, wie bereits erwähnt auf konstruktivistische Theorien, sondern lehnt ebenfalls an der sogenannten Conceptual-Change-Theorie an, welche von einem Konzeptwechsel durch die Beobachtung der Veränderung von (Alltags-) Vorstellungen ausgeht und die Bedingungen für einen Veränderung von Alltagsvorstellungen zu fachwissenschaftlich fundierten Vorstellungen klärt (vgl. Reinfried et al., 2009: S. 405). Die Zielsetzung der *Didaktischen Rekonstruktion* besteht in der Entwicklung eines Verhältnisses von Schülervorstellungen und fachlichen Vorstellungen, mit dem fruchtbare Lernen gelingen kann (vgl. Nerdel, 2017: S. 80). Dabei ist es essentiell, Schülervorstellungen und fachwissenschaftliche Vorstellungen wechselseitig aufeinander zu beziehen und ihre Funktion in den Fokus zu stellen, um so „[...]neue Perspektiven für die didaktische Strukturierung bei der Unterrichtsplanung [zu eröffnen]“ (ebd.: S. 80–81). Alltagsvorstellungen von Lernen dürfen somit nicht als Lernhindernis angesehen werden, sondern müssen als Voraussetzungen und Anknüpfungspunkte in die Gestaltung von Unterricht miteinbezogen werden. Lernen geschieht demnach nicht durch ein Ersetzen der „alten“ Vorstellungen durch fachwissenschaftliche Vorstellungen, „sondern als Conceptual-Reconstruction im Sinne von Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung der vorunterrichtlichen Vorstellungen, bei deren Veränderung die Lernenden eine aktive Rolle spielen“ (Reinfried et al., 2009: S. 405).

Schematisch kann das Modell der Didaktischen Rekonstruktion wie nachfolgend dargestellt werden. Die Abbildung zeigt das Beziehungsgefüge der drei fachdidaktische Anforderungsbereiche *fachliche Klärung*, *Erfassung von Schülerperspektiven* und *didaktische Strukturierung*.

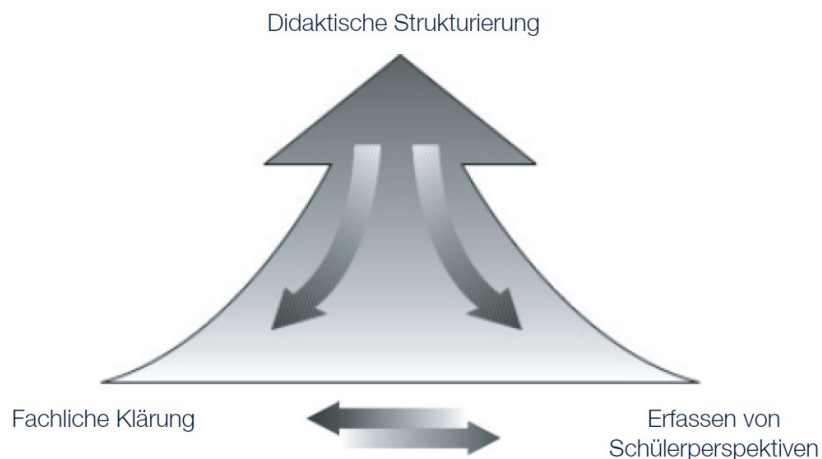


Abb.: 1 Das Beziehungsgefüge der drei Anforderungsbereiche im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997: S. 406)

Der Bezug auf diese drei Anforderungsbereiche findet sich auch in der hier vorliegenden Arbeit wieder. Die nachfolgenden Unterkapitel beschäftigen sich daher ausführlich mit der fachlichen Klärung, während die Lernerperspektiven an einer späteren Stelle erläutert werden. Der Fokus dieser Arbeit liegt eindeutig in der didaktischen Strukturierung, die im Rahmen der Erstellung eines Unterrichtskonzepts unter den Bedingungen der Sprachsensibilität und des außerschulischen Lernens ausgearbeitet und umgesetzt wird. Da das Modell der Didaktischen Rekonstruktion für die didaktische Strukturierung das Bezugnehmen auf Alltagsvorstellungen und Präkonzepte vorsieht, wird das Unterrichtskonzept unter der Berücksichtigung der Erhebungen zu Schülervorstellungen zu blütenökologischen Themen auf Basis der Ergebnisse von Lampert, Pany et al., 2018; Lampert, Scheuch et al., 2019; Wallach, 2020 erstellt. Bezugnehmend auf das Modell der Didaktischen Rekonstruktion ist demnach anzumerken, dass die eben genannten Studien den Bereich der Schülerperspektiven untersucht haben.

Im Kontext der Anforderungsbereiche des Modells der didaktischen Rekonstruktion widmet sich das folgende Kapitel in einem ersten Unterkapitel nun wie bereits erwähnt der *fachlichen Klärung* (Kapitel 2.2) und in einem weiteren Unterkapitel den *Schülerperspektiven*. Ebenfalls wird die *didaktischen Strukturierung* im Rahmen der Sprachsensibilität sowie Aspekten außerschulischer Lernorte in einem nachfolgenden Unterkapitel behandelt.

2.2 Begriffsdefinitionen im Bereich Fortpflanzung von Pflanzen

In einem ersten nachfolgenden Unterkapitel werden botanische Begriffsdefinitionen sowie die Blütenökologie behandelt. Da der Aufbau von (Blüten-)Pflanzen sowie (Zwitter-)Blüten für das Verständnis der Blütenökologie essentiell ist, werden diese morphologischen Aspekte geklärt, ehe die einzelnen Prozesse sexueller Fortpflanzung bis hin zur Diasporenausbreitung beschrieben werden können.

2.2.1 Aufbau von Pflanzen

Der morphologische Aufbau von Gefäßpflanzen spiegelt häufig deren Evolutionsgeschichte bezüglich ihrer Anpassung an das Leben an Land wider. Landpflanzen erlangen Nährstoffe einerseits über den Boden (Wasser und Mineralstoffe) und andererseits über die Luft (CO_2 und Licht). Aus diesen verschiedenen Ressourcenquellen entstand eine Anpassung der Grundorgane hinsichtlich der Erschließung dieser Ressourcen. Während das Wurzelsystem vorwiegend keine Photosynthese be-

treibt und auf die über das Phloem angelieferten Assimilaten des Sprosssystems angewiesen ist, hängt das Überleben des Photosynthese betreibenden Sprosssystems von der Anlieferung von Wasser sowie Mineralstoffen über das Xylem aus dem Wurzelsystem ab (vgl. Campbell et al., 2016: S. 994).

Das **Wurzelsystem** besteht aus den Wurzeln und ist für die Verankerung der Gefäßpflanze (Tracheophyt) im Substrat verantwortlich. Die Wurzeln absorbieren sowohl Wasser als auch die darin gelösten Minerale und haben zudem die Fähigkeit, Kohlenhydrate zu speichern (vgl. Campbell et al., 2016: S. 995).

Der **Spross** ist jenes Pflanzenorgan, das neben den Blättern auch die reproduktiven Organe der Pflanze trägt und somit die Pollen- und Diasporenausbreitung

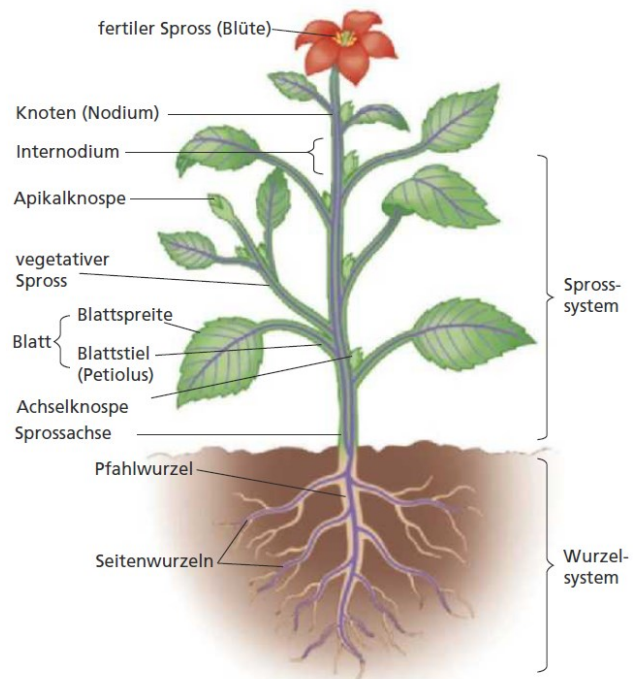


Abb.: 2 Aufbau einer Blütenpflanze. Die Grundorgane bilden ein Spross- und Wurzelsystem, das miteinander über das Xylem und Phloem verbunden ist (Campbell et al., 2016: S. 995)

ermöglicht. Die Sprossachse ist ein alternierendes (abwechselndes) System aus Nodien (Knoten) und Internodien. An den Nodien setzen die Blätter und Seitensprosse an, während die Internodien die Abschnitte zwischen den Knoten darstellen. Einige Pflanzen können durch die Entwicklung abgewandelter Sprosse wie Rhizome, Stolone oder Knollen Funktionen wie Speicherung oder vegetativer Fortpflanzung übernehmen (vgl. Campbell et al., 2016: S. 996).

Das **Blatt** hat verschiedene Funktionen. Neben der wichtigsten Fähigkeit, Photosynthese zu betreiben, findet hier auch der Gasaustausch mit der Atmosphäre (Transpiration) statt. Zudem können verschiedene Abwehrmechanismen gegen Herbivore und Pathogene ausgebildet sein. Bei Blütenpflanzen werden für die taxonomische Bestimmung insbesondere Blütenmerkmale herangezogen, wobei auch die Blattmorphologie auf relevante Unterscheidungsmerkmale hinweisen kann (vgl. Campbell et al., 2016: S. 997).

2.2.2 Aufbau von Zwitterblüten

Als **Blüte** wird ein reproduktiver Spross der Angiospermen bezeichnet, der typischerweise spezielle Blätter trägt: Kelchblätter (Sepalen), Kronblätter (Petalen), Staubblätter (Stamina) und Fruchtblätter (Karpelle). Diese umgewandelten Blätter dienen der Reproduktion (vgl. Ehrenhöfer, 2018: S. 9). Die Blütenorgane entspringen alle dem sogenannten Receptaculum, das auch als Blütenboden bezeichnet wird. Sie sind in Wirteln angeordnet und bezüglich ihrer Geschlechtlichkeit entweder fertil (Stamina und Karpelle) oder steril (Petalen und Sepalen). Nachfolgend soll nun auf die einzelnen Blütenorgane eingegangen werden, wobei hervorzuheben ist, dass es sich dabei lediglich um ein Idealmodell handelt, das keine reale Blüte widerspiegelt und dementsprechend auch nicht als deren phylogenetischer Ursprung angesehen werden darf (vgl. Leins, 2000: S. 8). In der Natur kommen häufig Abweichungen dieses Idealmodells vor, wie beispielsweise Blüten mit sterilen Staubblättern, fehlenden Organen oder bei denen die wirtelige Anordnung nicht eindeutig erkennbar ist. Blütenmeristeme haben im Gegensatz zum vegetativen Spross nur ein begrenztes Wachstum, das mit der Blüten- bzw. Fruchtbildung abgeschlossen ist (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1071). Nachfolgend werden die einzelnen Blütenbestandteile von Innen nach Außen beschrieben.

Das Fruchtblatt (Karpell): beschreibt aus morphologischer Sicht das weiblichen Blütenorgan. In der Schulliteratur ist häufig vom Stempel die Rede, welcher die funktionelle weibliche Fortpflanzungseinheit darstellt. Er kann entweder aus nur einem Fruchtblatt, wie bei der Kirsche (*Prunus avium*) oder auch aus mehreren verwachsenen Fruchtblättern bestehen. Der Stempel besteht aus der Narbe (Stigma), dem Griffel (Stylus) und dem Fruchtknoten (Ovar). Die Narbe

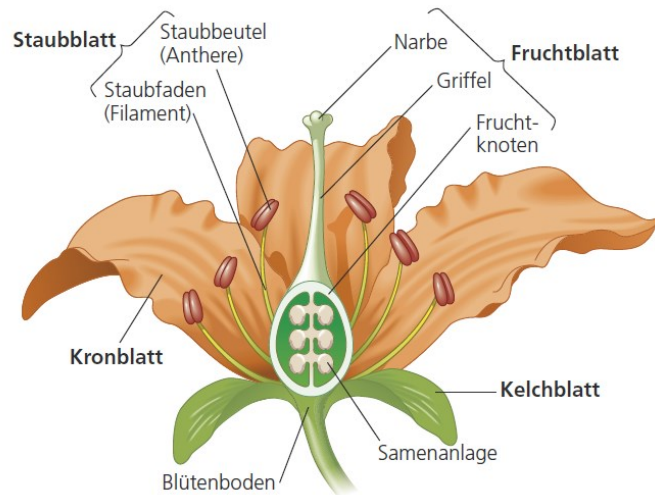


Abb.: 3 Schematischer Aufbau der zwittrigen Blüte eines Angiospermen. Die Blüte besteht typischerweise aus vier Blütenorganen: Kelchblatt, Kronblatt, Staubblatt und Fruchtblatt (Campbell et al., 2016: S. 1071). Bei freien Fruchtblättern entspricht ein Fruchtblatt, jeweils einem Stempel. Sind die Fruchtblätter jedoch mehr oder weniger miteinander verwachsen, so bilden sie gemeinsam die funktionelle Einheit des Stempels (vgl. Lampert, 2012: S. 16).

ist für gewöhnlich klebrig, wodurch der Pollen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit darauf kleben bleibt und dient dementsprechend dem Pollenempfang. Der meist längliche Griffel verbindet Narbe und Fruchtknoten miteinander. Durch ihn wächst der Pollenschlauch zum Fruchtknoten. Im Inneren des Fruchtknotens befinden sich eine oder mehrere Samenanlagen. In jeder dieser Samenanlagen entsteht ein weiblicher Gametophyt. Dementsprechend stellt die Gesamtheit der Karpelle die weiblichen Geschlechtsorgane (Gynoeceum) der Blüte dar. Die Lage des Fruchtknotens ist besonders für die Fruchtbildung relevant² (vgl. Lampert, 2012: S. 16).

Das Staubblatt (Stamen) besteht aus dem Staubfaden (Filament) und einem fertilen Staubbeutel (Anthere), der wiederum in zwei durch ein Konnektiv miteinander verbundene Theken gegliedert wird. Eine Theke besitzt jeweils zwei Pollensäcke, in denen sich die Pollenkörner mit den männlichen Geschlechtszellen befinden (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1071; Lampert, 2012: S. 15). In ihrer Gesamtheit bilden die Stamina somit das männliche Geschlechtsorgan der Zwitterblüte

² Die Lage des Fruchtknotens kann oberständig, halbunterständig oder unterständig sein. Ein oberständiger Fruchtknoten sitzt direkt auf dem Receptaculum, ist jedoch nur an der Basis mit diesem verwachsen. Ist der Fruchtknoten halbunterständig, so ist sein unterer Teil mit dem Receptaculum verwachsen. Unterständige Fruchtknoten sind vollständig mit dem Receptaculum verwachsen (vgl. Lampert, 2012: S. 17).

(Androeceum). Die Entlassung des Pollens in die Umwelt geschieht durch ein Aufreißen der Pollensäcke (vgl. Lampert, 2012: S. 15).

Das Kronblatt (Petalum) ist aufgrund seiner Hauptfunktion zur Anlockung von Bestäubern häufig bunt gefärbt. Neben dieser Lockfunktion schützt es zudem die inneren Blütenorgane (Stamina und Karpelle) (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1071). Die Morphologie der Petalen ergibt sich zumeist aus der Art der Bestäubung (durch Wind=Anemophilie, durch Tiere=Zoophilie) und den Bestäubern (Pollinatoren) (vgl. Lampert, 2012: S. 14–15). So haben tierbestäubte Blüten meist kontrastreiche, auffällige Kronblätter, während diese Funktion bei windbestäubten Blüten wegfällt und deren Kronblätter dementsprechend unauffällig oder reduziert sind (vgl. ebd.: S. 14–15).

Das Kelchblatt (Sepalum) ist in der Regel grün gefärbt und schützt aufgrund seiner im Vergleich zum Kronblatt meist höheren Stabilität die Blütenknospe. Die Sepalen einer Blüte können entweder frei oder miteinander verwachsen sein. Letzteres trifft beispielsweise auf Primulaceae zu (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1071; Lampert, 2012: S. 14). Falls die Kelch- und Kronblätter einer Pflanze nicht unterschieden werden können, wird von einem sogenannten *Perigon* gesprochen, dessen Perigonblätter als Tepalen bezeichnet werden. Dieser Zustand ist bei einigen Monokotylen zu finden (vgl. Lampert, 2012: S. 14).

Es ist anzumerken, dass das Vorhandensein aller vier genannten Blütenorgane lediglich auf vollständige Zwitterblüten zutrifft. Einige Pflanzenarten weisen reduzierte, unvollständige Blüten auf, bei denen einzelne Blütenorgane auch vollständig fehlen können. Je nachdem, welche Blütenorgane fehlen, kann die entsprechende Blüte auch steril sein (beim Fehlen der Staub- und/oder Fruchtblätter).

Abschließend soll noch kurz auf die sogenannten *Nektarien* eingegangen werden, da diese besonders im Kontext der Zoophilie wichtige funktionelle Blütenbestandteile darstellen. Dabei handelt es sich um Drüsen, die Nektar ausscheiden, welcher häufig von Bestäubern als Nahrung verwendet wird. Dementsprechend sind Nektarien vorwiegend in der Blüte vorhanden (florale Nektarien), jedoch nicht ausschließlich (vgl. Lampert, 2012: S. 18).

2.2.3 Sexuelle Fortpflanzung

Bevor näher auf die sexuelle Fortpflanzung eingegangen werden kann, muss vorab geklärt werden, wie es überhaupt zur Bildung des weiblichen und männlichen Gametophyten kommt. In jeder Samenanlage des Karpells entsteht ein weiblicher Gametophyt (Embryosack), der sich innerhalb des Megasporangiums entwickelt. Dieses ist von zwei schützenden Integumenten umgeben, aus denen sich später die Samenschale bildet. Sie umhüllen das Megasporangium allerdings nicht vollständig, sondern lassen eine kleine Lücke (Mikropyle) frei. Durch das Wachstum und die anschließende Meiose einer Zelle im Megasporangium werden vier haploide Megasporen gebildet, von denen allerdings nur eine überlebt. Sie durchläuft drei Mitosen, sodass eine große Zelle mit acht haploiden Kernen entsteht, die nachfolgend durch Membranen in den mehrzelligen Gametophyten (Embryosack) unterteilt wird. Die sieben im Embryosack liegenden Zellen sind eine Eizelle, zwei Synergiden, die an der Leitung des Pollenschlauchs zum Embryosack beteiligt sind, drei Antipoden, deren Funktion bis dato noch unbekannt ist, sowie zwei Polzellen (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1073).

Im Pollensack entstehen vier haploide Mikrosporen, die jeweils zu einem männlichen Gametophyten heranreifen. Anschließend entstehen durch mitotische Teilung eine generative Zelle und eine vegetative Pollenschlauchzelle, die gemeinsam mit der Mikrosporenwand das Pollenkorn bilden (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1073).

2.2.3.1 Bestäubung

Durch das Aufreißen des Pollensacks werden die sich darin befindenden Pollenkörner freigesetzt. Die Pollenübertragung kann nun über unterschiedliche Vektoren stattfinden: über Wind (Anemophilie), Tiere (Zoophilie) oder Wasser (Hydrophilie)³. Bei der Windbestäubung spielt die Zufälligkeit der Übertragung eine signifikante Rolle, weswegen sich evolutionär eine Entwicklung hin zu Produktion von einer großen Menge an Pollen ergeben hat. Unter Angiospermen ist die Zoophilie mit einem Anteil von rund 80 Prozent die am weitesten verbreitete Bestäubungsart. Dabei agieren besonders Insekten und Vögel, aber auch andere Tiere als Bestäuber (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1075–1076).

³ Da die Pollenübertragung durch Wasser im Kontext dieser Arbeit nicht relevant ist, wird nur der Vollständigkeit halber darauf hingewiesen.

Betrachtet man die Entwicklung der Blütenpflanzen im Zusammenhang mit jener ihrer (spezifischen) Bestäuber, so lässt sich eine Koevolution⁴ erkennen, die darin begründet ist, dass die natürliche Selektion Pflanzen und Insekten bevorzugt, die mit ihren „leichte[n] Strukturabweichungen“ den „Blüten-Bestäuber-Mutualismus fördern“ (ebd.: S. 1075). Dies soll nun anhand eines Beispiels erläutert werden: Stellen wir uns eine Blüte mit verwachsenen Kronblättern und langem Blütensporn vor. Damit ein Insekt nun an den wohlschmeckenden Nektar gelangen kann, braucht es einen langen Saugrüssel. Dieser darf jedoch nicht zu lang sein, weil sonst der Nektar aus dem Blütensporn entnommen werden könnte, ohne, dass Pollen am Insekt haften bleibt. Blüten mit zu kurzem Sporn wären dann selektiv benachteiligt, weil sie nicht zur Fortpflanzung kämen. Die natürliche Selektion förderte dementsprechend Pflanzen mit langem Blütensporn. Umgekehrt wäre jedoch auch ein kurzer Saugrüssel nachteilhaft, weil das Insekt damit nicht bis zum Nektar käme und dadurch anderen Insekten mit längerem Saugrüssel gegenüber selektiv unterlegen wäre (vgl. ebd.: S. 1075). „Am Ende korrespondieren Form und Größe der Blütenorgane ziemlich exakt mit den Pollenhaftpositionen des jeweiligen Insekts“ (ebd.: S. 1075).



Abb.: 4 Die Rüssellänge dieses Taubenschwänzchens (*Macroglossum stellatarum*) und der Blütensporn stellen coevolutionäre, morphologische Anpassungen dar (Sadava et al., 2019: S. 685).

Nur ein Fünftel aller Angiospermen ist windbestäubt und unterliegt aufgrund des Fehlens der Notwendigkeit der Bestäuberanlockung auch keinem Selektionsdruck hinsichtlich der Ausbildung kontrastreicher, duftender, bunter Blüten (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1076). Es liegt daher auf der Hand, dass anemophile Pflanzen wie Bäume und Gräser häufig kleine, grüne Blüten ohne Nektar oder Duftstoffen bilden. In der Regel blühen diese im zeitigen Frühjahr, was daran liegt, dass zu dieser Zeit die Pollenausbreitung weniger durch den Laubaustrieb behindert wird. Da Windbestäubung wie bereits erwähnt aufgrund evolutionärer Prozesse mit einer erhöhten Anzahl an Pollenbildung einhergeht, kann auch auf diese Weise die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Fortpflanzung erhöht werden. (vgl. ebd.: S. 1076).

⁴ Unter Koevolution versteht man „[die]gemeinsam verlaufende Evolution zweier interagierender Arten, [die] jeweils eine Reaktion durch Selektion auf die Weiterentwicklung der anderen Art [ist]“ (Campbell et al., 2016: S. 1975).

Von den restlichen vier Fünfteln wird mehr als die Hälfte durch Insekten bestäubt (Entomophilie) (vgl. ebd.: S. 1076). Bei den für die menschliche Ernährung herangezogenen Nutzpflanzen ist dieser Anteil sogar noch höher, wodurch sich die enorme Wichtigkeit des Verhinderns des Insektensterbens ergibt. Besonders Bienen sind davon betroffen. Sie sind nicht nur auf den Nektar der Blüten angewiesen, sondern für ihre Brut auch auf den Pollen. Bienenbestäubte Pflanzen bilden meistens gelbe oder blaue Blüten mit aromatischem Duft aus. Da Bienen UV-Strahlung sehen können, haben einige Blüten UV-Markierungen, mit denen die diese angelockt werden. Neben Bienen zählen auch Schmetterlinge und Motten zu wichtigen Bestäubern (vgl. ebd.: S. 1076).

2.2.3.2 Pollenschlauchwachstum

Ein essentieller Schritt zwischen der Bestäubung und der Befruchtung ist das Pollenschlauchwachstum, welches sowohl hier als auch im Unterrichtskonzept explizit hervorgehoben wird. Ein Pollenkorn besteht aus jeweils einer größeren vegetativen Zelle und einer kleineren generativen Zelle. Landet ein Pollenkorn auf einer empfängnisbereiten Narbe, absorbiert es Wasser und beginnt zu keimen. Bei dieser Keimung wird der Pollenschlauch gebildet, durch welchen die männlichen Spermazellen hin zum weiblichen Gametophyten gelangen. Da jedes auf der Narbe gelandete Pollenkorn einen Pollenschlauch ausbildet, die Anzahl der Samenanlagen im Fruchtkörper allerdings begrenzt ist, stehen die Pollenschläuche in direkter Konkurrenz zueinander. Auf dem Weg durch den Griffel können sie eine Wachstumsgeschwindigkeit von über 1cm pro Stunde erreichen. Während dieses Wachstumsvorgangs teilt sich die generative Zelle in zwei Spermazellen, die anschließend zur Spitze des Pollenschlauchs geleitet werden. Die Pollenschlauchspitze findet ihren Weg hin zur Mikropyle durch von den Synergiden (Helferzellen) produzierte chemische Lockstoffe. Nachdem der Weg in den Embryosack durch das Absterben einer Synergide geöffnet wurde, werden die beiden Spermazellen in den Embryosack entlassen (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1073; Lampert, 2012: S. 19).

2.2.3.3 (Doppelte) Befruchtung

Nachdem die Spermazellen beim weiblichen Gametophyten angekommen sind, befruchtet ein Spermazellkern die Eizelle, wodurch die diploide Zygote entsteht. Der zweite Spermazellkern verbindet sich hingegen mit den Polkernen zu einem triploiden Kern, der in späterer Folge zum Speichergewebe des Samens (Endosperm) wird. „Die Verschmelzung der beiden Spermakerne mit den verschiedenen Kernen des weiblichen Gametophyten wird als doppelte Befruchtung bezeichnet“ und ist typisch für die sexuelle Fortpflanzung der Angiospermen (Campbell et al., 2016: S. 1073). Sie stellt sicher, dass die Nährgewebeentwicklung nur dann stattfindet, wenn es auch tatsächlich zur Befruchtung der Eizelle gekommen ist, wodurch sich eine vorteilhafte Ersparnis von Ressourcen ergibt. Die Synergide, die Antipodenzellen sowie der Pollenschlauch werden nicht mehr benötigt und degenerieren deswegen (vgl. ebd.: S. 1073).

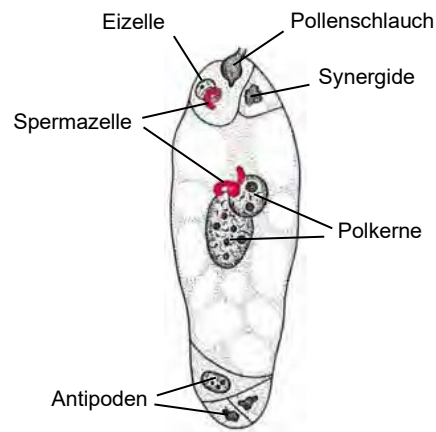


Abb.: 5 Weiblicher Gametophyt bei der doppelten Befruchtung. Der Pollenschlauch ist bereits durch die Micropyle in eine Synergide eingedrungen. Die beiden Spermazellen verschmelzen mit der Eizelle bzw. den beiden Polkernen (vgl. Hess, 2004: S. 286).

2.2.3.4 Samen- und Fruchtbildung (Diasporenbildung)

Nach der erfolgreichen (doppelten) Befruchtung entsteht aus jeder Samenanlage ein Samen. Er besteht aus dem Embryo (Keimling), der Testa (Samenschale) und dem sekundären Endosperm (Nährgewebe). Sobald sich der Samen in die Keimwurzel (Radicula), einen Achsenabschnitt (Hypokotyl) und ein⁵ oder zwei Keimblätter (Kotyledonen) differenziert hat, ist die Reife erreicht und es kommt zur Samenruhe (vgl. Leins, 2000: S. 243; Fischer, Oswald & Adler, 2008: S. 105). Bei der Keimung des Samens entsteht ein neuer Sporophyt, der wiederum selbst Blüten und Früchte produzieren wird (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1075).

Parallel zur Samenbildung beginnt (in der Regel nach der Befruchtung⁶) die Fruchtbildung in der Blüte. Abgesehen von den Fruchtblättern können hierbei auch der

⁵ Bei Monokotylen (Einkeimblättrigen) wird nur ein Keimblatt ausgebildet.

⁶ Es ist darauf hinzuweisen, dass Früchte auch ohne vorhergehende Befruchtung gebildet werden können. In diesem Fall spricht man von der sogenannten Parthenokarpie (vgl. Hess, 2004: S. 288).

Blütenboden (z. B. beim *Malus*), der Kelch (z. B. bei den Pappushaaren der Asteraceae), das Perianth (z. B. bei *Morus*) oder sogar Organe außerhalb der Blüte beteiligt sein (z. B. bei *Tilia*) (vgl. Lampert, 2012: S. 20). Mit Beginn der Fruchtbildung vertrocknen die restlichen Blütenorgane und fallen schlussendlich ab. „Der Fruchtknoten ist in jedem Fall an der Fruchtbildung beteiligt“ (ebd.: S. 20). Er reift zur Fruchtwand (Perikarp) heran, die die Samen einschließt und für den Schutz der Samen sowie die Diasporenausbreitung durch beispielsweise Wind (Anemochorie) oder Tier (Zoochorie) wichtig ist. Dabei kann das Perikarp unterschiedlich ausgebildet sein: Bei Weintrauben wird es etwa fleischig, bei Steinobst wird die innere Schicht hart und nur der äußere Bereich fleischig (siehe dazu Abb. 38.11 in Campbell et al., 2016: S. 1081). Das Perikarp kann in bis zu drei Schichten untergliedert werden, das Exo-, Meso- und Endokarp (vgl. Hess, 2004: S. 289). Da die verschiedenen Fruchtformen an dieser Stelle aus Platzgründen nicht näher erläutert werden können, wird auf Hess (2004: S. 289–292) verwiesen.

2.2.3.5 Diasporenausbreitung

Als Diasporen werden die Ausbreitungseinheiten der Pflanze bezeichnet. Pflanzen sind im Vergleich zu den meisten Tieren an ihren Standort gebunden, da sie sich nicht entsprechend bewegen können. Durch evolutionäre Entwicklungen entstanden über den Verlauf der Zeit verschiedene Möglichkeiten der Diasporenausbreitung. Diese Verbreitungsarten werden nachfolgend (unabhängig davon, ob es sich um Samen oder vielsamige Früchte handelt) kurz erläutert:

Windausbreitung (Anemochorie): Diasporen, die über den Wind ausgebreitet werden, haben zumeist eine vergrößerte Oberfläche und ein geringes Gewicht. Dadurch sinken sie besonders langsam zu Boden, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit erhöht, von aufkommendem Wind weitergetragen zu werden (vgl. Lampert, 2012: S. 22). Ein bekanntes Beispiel hierfür sind die geflügelten Früchte des Ahorns (*Acer sp.*), die wie ein Hubschrauberblatt rotieren. Auch das fallschirmartigen Büschel (Pappus) des Löwenzahns (*Taraxacum officinale*) hat die Funktion, die einsamige Frucht segeln zu lassen (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1082).

Wasserausbreitung (Hydrochorie): Schwimmfähige Diasporen wie die Kokosnuss (*Cocos nucifera*) können über sehr lange Zeiträume im Meer verbringen, bevor sie wieder an Land gespült werden.

Tierausbreitung (Zoochorie): Diasporen, die über Tiere ausgebreitet werden können diverse Charakteristika aufweisen. So haben Diasporen, die an Fell oder Gefieder hängen bleiben (Exozoochorie) meistens Haken und/oder klebrige Oberflächen. Werden sie allerdings gefressen und später wieder ausgeschieden (Endozoochorie), besitzen die Diasporen genießbare Bestandteile aus Stärke, Zucker oder Fetten. In diesem Fall locken ihre auffällige Färbung und/oder Geruch die Verbreiter an. Die meisten Früchte, die der Mensch als Nahrung bezieht sind endozoochorisch (vgl. Fischer et al., 2008: S. 115; Leins, 2000: S. 306–307).

Ausbreitung durch die Pflanze selbst (Autochorie): Auch eine ballistische Ausbreitung durch die Pflanze selbst ist zur Ausbreitung der Diasporen möglich (vgl. Lampert, 2012: S. 23). Diese Schleudermechanismen werden durch Berührung bzw. Druck ausgelöst. Dabei werden die Diasporen von der Mutterpflanze weggeschleudert (vgl. Leins, 2000: S. 316–317).

2.2.4 Asexuelle Fortpflanzung

Es wird darauf hingewiesen, dass im Folgenden immer explizit von der Fortpflanzung von Pflanzen gesprochen wird und nicht von der Vermehrung, was mit einem Verweis auf eine Empfehlung in Mohamed (2020) zu begründen ist:

Eine explizite Beschreibung des Ausdrucks „Fortpflanzung“ fördert die Konstruktion eines kohärenten Vorstellungsnetzes, in welchem die Phänomene der „Bestäubung“ und „Befruchtung“ integriert sowie miteinander vernetzt werden können. Ebenso unterstützt eine solche Begriffsbeschreibung die Abgrenzung zu anderen Fachtermini, wie beispielsweise „Vermehrung“ (Mohamed, 2020: S. 51).

Prinzipiell ist der Begriff der „Vermehrung“, welcher die Erhöhung der Individuenzahl beschreibt, zwar in diesem Kontext gebräuchlicher, weil sich Pflanzen sowohl sexuell als auch vegetativ vermehren können, allerdings ist hier auch der Terminus „Fortpflanzung“ als (in der Regel) Übergang von einer Generation auf die Nächste möglich, da die Fortpflanzung bei Pflanzen sehr wohl auch vegetativ stattfinden kann.

Bei sich asexuell fortpflanzenden Pflanzen kommt es zu keiner genetischen Rekombination, sondern zu einer Klonierung. Diese ungeschlechtliche und demnach auch ohne Bestäubung und deren darauffolgende Prozesse stattfindende Fortpflanzungsform basiert in der Regel auf der Modifikation eines vegetativen Organs (Sprossachse, Blätter, Wurzeln). Bei der Bildung genetisch vollständig identer Nachkommen werden verschiedene Formen unterschieden, von denen

nachfolgend einige ausgewählte kurz erläutert werden (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1083; Sadava et al., 2019: S. 1149).

Ausläufer: Die Bildung von Ausläufern oder sogenannten Stolonen beruht auf der Modifikation der Sprossachse. Erdbeeren (*Fragaria*) bilden beispielsweise oberirdisch, in Bodennähe wachsende Sprossachsen, die Wurzeln schlagen und damit potentielle Nachkommen bilden (vgl. Sadava et al., 2019: S. 1149).

Absenker: Wenn Triebspitzen sich Richtung Boden neigen (durch exogene Faktoren wie abgeknickte Triebe), können sie bei Erdkontakt zu wurzeln beginnen. Ein Beispiel hierfür ist die Forsythie (*Forsythia × intermedia*), die häufig in Parkanlagen anzufinden ist (vgl. Sadava et al., 2019: S. 1149).

Rhizome: Bei Rhizomen handelt es sich um unterirdische, horizontal ausgerichtete Sprosssteile, aus denen sich neue Sprosse bilden können. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist Bambus aber besonders in Bezug auf Parkanlagen sind auch Gräser zu nennen (vgl. Sadava et al., 2019: S. 1149).

Weitere Möglichkeiten der asexuellen Fortpflanzung sind z. B. die Zwiebelbildung (z. B. bei *Allium sativum*), Brutknospen (z. B. bei *Kalanchoe*) oder Sprossknollen (z. B. bei *Solanum tuberosum*) auf die an dieser Stelle aus Platzgründen nicht näher eingegangen wird (siehe dazu z. B. Sadava et al., 2019: S. 1150; Campbell et al., 2016: S. 1083–1084)

Abschließend ist noch darauf hinzuweisen, dass Pflanzen sich nicht entweder asexuell *oder* sexuell fortpflanzen, sondern häufig beide Fortpflanzungsarten nutzen, um ihren Reproduktionserfolg je nach Umwelteinflüssen maximieren zu können. In diesem Zusammenhang sollen noch kurz die Vor- und Nachteile der jeweiligen Methoden dargestellt werden:

Ein Vorteil der asexuellen Fortpflanzung besteht darin, dass keine Bestäuber benötigt werden. Die Pflanze kann durch die Klonierung zudem ihre Gene 1:1 weitergeben (bei der sexuellen Fortpflanzung sind es hingegen nur 50 Prozent der Allele), was insbesondere dann günstig ist, wenn die Pflanze an stabile Umweltfaktoren angepasst ist. Im Umkehrschluss kann diese Einheitlichkeit aller Individuen bei starken Umweltveränderungen jedoch auch zum Aussterben ganzer Populationen führen. Zuletzt ist noch darauf hinzuweisen, dass asexuell entstandene Klone

meistens robuster sind als Samen, die eine heikle Keimungsphase durchlaufen müssen (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1084).

Sexuelle Fortpflanzung ist bezüglich des Ressourcenverbrauchs hingegen zwar sehr kostspielig, sie bringt allerdings auch den großen Vorteil der Anpassungsfähigkeit durch Genfluss mit sich. Eine große genetische Diversität bei den Nachkommen ist besonders dann günstig, wenn die Umweltbedingungen instabil sind. In Anbetracht der Ausbreitungsbiologie ist die sexuelle Fortpflanzung vorteilhaft, weil die Bildung von Diasporen eine Verbreitung über größere Entfernungen ermöglicht (vgl. Campbell et al., 2016: S. 1084).

2.2.5 Keimung

Durch die Aufnahme von Wasser in den Samen zerreißt die Samenschale und der Keimprozess beginnt. Dabei tritt als erstes die Keimwurzel (Radicula) aus dem Samen und gewährleistet dadurch eine Verankerung im Boden sowie die Aufnahme von Wasser. Anschließend wächst das Hypokotyl aufrecht zur Sonne gerichtet und es bilden sich die ersten (echten) Laubblätter, die durch das Betreiben von Photosynthese Nahrung produzieren. Sobald die Reservestoffe des Samens aufgebraucht sind, verschrumpeln die Keimblätter und werden abgeworfen. Die Jungpflanze wächst nun stetig weiter, bildet wieder Blüten und durchläuft Bestäubung sowie Befruchtung, wodurch wiederum neue Diasporen entstehen. Auf diese Weise schließt und wiederholt sich der Kreislauf immer wieder.

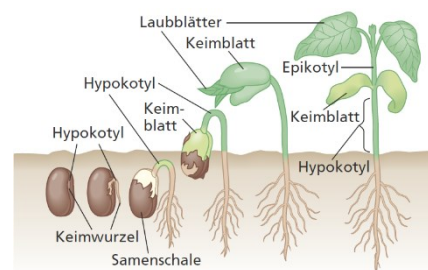


Abb.: 6 Keimvorgang der Gartenbohne (*Phaseolus vulgaris*). Durch Aufrichten des Hypokotyls werden die Keimblätter über den Boden gehoben (Campbell et al., 2016: S. 1080).

2.3 Sprache im Biologieunterricht

Nachdem die fachliche Klärung hinsichtlich der Botanik nun ausführlich thematisiert wurde, folgt nun die fachliche Klärung in Bezug auf linguistische Aspekte.

Die heutzutage sprachlich sowie kulturell diverse Gesellschaft stellt neue Anforderungen an die fachdidaktische Gestaltung schulischen Unterrichts (vgl. Tajmel, 2009: S. 139). Die Zahlen des BMBWF (2020c) zeigen, dass im Schuljahr 2018/19 bereits jede/r vierte Schüler/in im Alltag neben Deutsch auch noch eine oder mehrere andere Sprache(n) spricht. Im Kontext einer heutzutage immer stärker werdenden multikulturellen und heterogenen Klassenzusammensetzung ist es daher essentiell, den Unterricht auf die Rahmenbedingungen der Lernenden abzustimmen. Tajmel (2009: S. 141) zeigt in ihrem Paper „Problemfelder des Physikunterrichts [auf][...], welche Migranten und Migrantinnen den Zugang zu naturwissenschaftlicher Bildung erschweren[...]“. Dabei identifiziert sie sprachliche, kulturelle und institutionelle Barrieren, die verantwortlich dafür sind, dass Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund schlechtere Leistungen in naturwissenschaftlichen Fächern aufweisen (vgl. ebd.: S. 142). In Bezug auf die sprachlichen Barrieren nennt Tajmel (2009) unter anderem „[s]prachliche Verständnisprobleme“ und eine „[m]angelnde Berücksichtigung des Sprachstands der Schüler/innen“, die zur Benachteiligung von Lernenden mit nicht deutscher Herkunftssprache im naturwissenschaftlichen Unterricht führen (vgl. ebd.: S. 143). Die Lösung dieses Problemfeldes sieht sie in sprachfördernden Modifikationen, wie beispielsweise „Textvereinfachungen, [...] Verwendung kürzerer Sätze und [...] Angabe von Vokabeln“ (ebd.: S. 148). Mit ihrer Forderung, daran etwas zu ändern ist sie nicht alleine. Immerhin „hängt der Erfolg der fachlichen Arbeit von der sprachlichen ab“ (Butler & Goschler, 2019: S. 77), weswegen die „Förderung der Sprachkompetenz“ im Biologieunterricht mittlerweile im österreichischen Lehrplan verankert sind (BMBWF, 2020a: S. 69).

Auch der Sprachdidaktiker Josef Leisen (2011: S. 5) entgegnete schon vor zehn Jahren „Sprachförderung ist Aufgabe aller Fächer“ und plädierte dafür, Sprachförderung zum Ziel aller Unterrichtsfächer zu machen, da jedes Fach eine spezifische Fachsprache aufweise. Er stützt seine Forderung nach Sprachförderung im Fachunterricht auf den sogenannten CALP-Fähigkeiten (*Cognitive Academic Language*

Proficiency), also die schulbezogenen kognitiven Sprachkenntnisse (vgl. Cummins, 2000; Leisen, 2013: S. 259).

Leisen (2013: S. 263) nennt folgende Sprachprobleme, die bei Lernenden häufig vorkommen:

- Vermischen von Alltags- und Fachsprache
- Suche nach (Fach-)Begriffen
- Begrenzter (Fach-)Wortschatz
- Unstrukturierte, unpräzise Sprechäußerungen mit unvollständigen Sätzen und einsilbigen Antworten
- Falsche Verwendung von fachlichen Sprachstrukturen
- Lehrerzentriertes Sprechen und Hören
- Anwendung von Vermeidungs- oder Ausweichstrategien
- Vermeiden von zusammenhängendem, diskursivem Sprechen
- Schwierigkeiten beim Lesen von Fachtexten

Vor allem bei Lernenden, die Sprachförderung benötigen ist der Ausprägungsgrad dieser Sprachprobleme auffallend. „Sprachförderung und Sprachlernen sind eng miteinander verknüpft“, weswegen Sprachförderung nicht als Defizit angesehen werden sollte, sondern als „Element des Sprachlernens im Fach“ (Leisen, 2013: S. 264).

Es herrscht mittlerweile ein allgemeiner Konsens darüber, dass fachliches und sprachliches Lernen aus bildungswissenschaftlicher Perspektive nicht mehr voneinander zu trennen ist. Das ist nicht nur mit der essentiellen Rolle von Sprache für die Vermittlung fachlicher Inhalte zu begründen, sondern vor allem auch damit, dass „der Erwerb einer genuin sprachlichen Handlungsfähigkeit [...] als eines der übergeordneten Ziele des Fachunterrichts gilt“ (Butler & Goschler, 2019: S. V). Anders ausgedrückt ist Sprache daher nicht mehr lediglich Gegenstand des Unterrichtsfaches Deutsch, sondern Aufgabe aller Schulfächer (vgl. Heintze, 2009: S. 7).

Doch nicht nur von Seiten der Bildungswissenschaften, sondern auch von Lehrpersonen selbst besteht der Wunsch nach sprachbewusstem Lernen (Tajmel, 2010: S. 174). In Deutschland wurde aus diesem Grund das Projekt FÖRMIG (Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund) ins Leben gerufen, welches das Konzept der *Durchgängigen Sprachbildung* entwickelte, das sich eben

dieses Sprachlernen zum Ziel genommen hat. Die Benennung des Konzepts ist diesbezüglich interessant, da statt dem klassischen Begriff der "Förderung" hier jener der "Bildung" angesetzt wird, was damit begründet wird, dass der Förderungsbegriff zusätzliche Maßnahmen für (besonders) schwache Schülerinnen und Schüler impliziert (vgl. Lange & Gogolin, 2010: S. 14). Die Voranstellung "durchgängig" bezieht sich dabei auf die Ausweitung sprachlichen Lernens auf alle Unterrichtsfächer. Hierbei ist hervorzuheben, dass dies – nicht wie ein gewöhnliches Förderangebot – additiv zum Schulunterricht geschieht, sondern alltagsintegrierend innerhalb des Unterrichts (vgl. Kammermeyer & Roux, 2013: S. 519). Mit dieser Durchgängigkeit bezieht sich das Konzept einerseits auf außerschulische Sprachlernsituationen wie Förderunterricht, Elternarbeit und fachübergreifende Sprachbildung. Andererseits zeichnet sich auch eine zweite Ebene ab, die sich auf die verschiedenen Bildungseinrichtungen und den Übergang zwischen ihnen bezieht. Auf einer dritten Ebene beschäftigt sich das Konzept noch mit den Erst- und Zweitsprachen der Lernenden, wobei diesbezüglich vor allem ein wertschätzender sprachlicher Umgang als Ziel für „den Aufbau sprachübergreifender Kompetenzen“ verfolgt wird (Heintze, 2009: S. 11). Für den Gegenstand dieser Arbeit ist es besonders wichtig, Sprachbildung „als Querschnittsaufgabe in allen Fächern“ (ebd.: S. 9) zu verstehen, was mit der Zielsetzung einer sprachbewussten und sprachintensiven Unterrichtsgestaltung einhergeht (vgl. ebd.: S. 9).

Der Aspekt des sprachbewussten Handelns bezieht sich dabei erstens auf das Erkennen sprachlicher Ansprüche und Schwierigkeiten von Textaufgaben sowie zweitens auf das Bewusstsein der Lehrpersonen darüber, dass sie sprachliche Vorbilder für Schülerinnen und Schüler mit Deutsch als Zweitsprache sind (vgl. Heintze, 2009: S. 6). Die Beachtung dieser sprachlichen Charakteristika in Aufgabenstellungen ist insofern essentiell, als anderenfalls die Gefahr besteht, dass Lernende nicht an der Schwierigkeit der Aufgabe scheitern, sondern am sprachlichen Verständnis dieser (vgl. ebd.: S. 6).

Der sprachintensive Aspekt bezieht sich hingegen auf einen vielfältigen Input von Seiten der Lehrpersonen, wobei es hierfür unabdingbar ist, das sprachliche Niveau der Lernenden nicht möglichst niedrig zu halten und Vereinfachungen vorzunehmen, sondern das Niveau ein Stück über dem aktuellen Kompetenzniveau der Schülerinnen und Schüler anzusiedeln, damit die dadurch entstandene Lücke

durch eine entsprechende Unterrichtsgestaltung überbrückt werden kann (vgl. Kniffka, 2010: S. 1). Oberstes Ziel eines sprachbewussten und sprachintensiven Fachunterrichts ist Heintze (2009: S. 7) zufolge „der Schulerfolg aller Schüler/innen und [...] besonders der [...] Schüler/innen mit Migrationshintergrund“. Die Voraussetzung für einen Lernerfolg besteht dabei wie bereits erwähnt darin, die Lerngegenstände vorab in einen adäquaten Kontext zu bringen (vgl. Leisen, 2013: S. 267).

Für Heintze (2009: S. 7) ist neben dem Sprachbewusstsein auch die Sprachintensität ein Anforderungskriterium an den Fachunterricht. Die Basis dafür sieht er in der Verknüpfung von Sach- und Sprachlernen oder anders ausgedrückt in der Verknüpfung von interessanten Thematiken und der aktiven Sprachproduktion und -verarbeitung von Seiten der Lernenden. Daraus ergibt sich wiederum die Anforderung an eine Minimierung des Sprechanteils der Lehrperson zugunsten der Schülerinnen und Schüler. Nach Lengyel (2012: S. 158) lässt sich das am besten durch ein Absehen von lehrerzentrierten Arbeitsformen wie dem klassischen Frage-Antwort -Schema erreichen.

Die „Förderung der Sprachkompetenz im Bereich der Alltags- und Fachsprache“ ist mittlerweile curricular im AHS-Unterstufen- sowie MS-Lehrplan als essentieller Bestandteil des (u.a.) Biologieunterrichts eingebettet (BMBWF, 2020a: S. 69; BMBWF, 2020b: S. 69). Umgesetzt wird dieser Anspruch am besten mit sprachsensiblen Fachunterricht, der wiederum auf dem bereits erwähnten Konzept der *Durchgängigen Sprachbildung* basiert. Ziel ist es, dass (fach)sprachliche Kompetenzen nicht mehr ein Nebenprodukt des Unterrichts sind, „sondern dessen ‚Längsfäden‘ im Geflecht des Lernens“ (Leisen, 2013: S. 265). Dass diese Parallelität von Fach- und Sprachlernen hohe Ansprüche an meist nicht entsprechend ausgebildete Lehrpersonen stellt, scheint auf der Hand zu liegen. Mittlerweile geht jedoch kein Weg mehr daran vorbei, dass sich auch Fachlehrkraft dem Sprachlernen widmen. Die Verantwortung der entsprechenden Implementierung in die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonal obliegt dabei den Bildungsinstitutionen.

Leisen (2013) kennzeichnet sprachsensiblen Fachunterricht anhand zweier Merkmale:

Sprachsensibler Fachunterricht pflegt einen bewussten Umgang mit der Sprache. Er versteht diese als Medium, das dazu dient, fachliches Lernen nicht durch

(vermeidbare) sprachliche Schwierigkeiten zu verstellen. In diesem Sinne geht es um sprachbezogenes Fachlernen (ebd.: S. 265)

Sprachsensibler Fachunterricht erkennt, dass Sprache im Fachunterricht ein Thema ist und dass Sprachlernen im Fach untrennbar mit dem Fachlernen verbunden ist. In diesem Sinne geht es um fachbezogenes Sprachlernen (ebd.: S. 265)

Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass sprachsensibler Fachunterricht gleichzeitig die fachlichen, sprachlichen und kommunikativen Kompetenzen der Lernenden miteinbezieht (vgl. Leisen, 2013: S. 265). Nun stellt sich allerdings die Frage nach den Möglichkeiten der Umsetzung eines sprachsensiblen Fachunterrichts.

Tajmel (2009: S. 151) zeigt dafür anhand eines Planungsrahmens die sprachliche Integrierung in die fachliche Unterrichtsplanung auf. Er enthält die Bereiche *Thema*, *Aktivität*, *Sprachfunktion*, *Sprachstruktur* und *Vokabular*, die Tajmel (2009: S. 150) zufolge immer in der Unterrichtsplanung mitberücksichtigt werden müssen. Es ist allerdings anzumerken, dass dieser Planungsrahmen lediglich als Orientierung herangezogen werden sollte, da er wichtige Aspekte wie Lernvoraussetzungen oder die Kriterien zur Auswahl des Themas nicht berücksichtigt (Pineker-Fischer, 2017: S. 142).

Thema	Aktivität				Sprachstruktur	Vokabular
	Hören	Sprechen	Lesen	Schreiben		

Abb.: 7 Tajmels (2009: S. 151) Vorschläge für einen Planungsrahmen, der die sprachliche Integrierung in die fachliche Unterrichtsplanung vorsieht.

Für die sprachensible Gestaltung der Unterrichtsmaterialien schlägt sie vor, eine eigene Spalte „Sprache“ zur Verfügung zu stellen, in der sich die Bereiche *Sprachfunktion*, *Sprachstruktur* und *Vokabular* wiederfinden (vgl. ebd.: S. 152).

Leisen (2013: S. 268) ist hingegen etwas spezifischer und schlägt für die Umsetzung eines sprachsensiblen Fachunterrichts zahlreiche Methodenwerkzeuge vor, die die Erzeugung, Unterstützung und Bewältigung von Unterrichtssituationen fördern. Die Lernenden werden dabei in kommunikative und kooperative Situationen gebracht, die ein aktives Handeln erfordern, woraus schlussendlich ein handlungsorientierter Unterricht resultiert. Die nachfolgende Tabelle zeigt ausgewählte

Beispiele⁷ dieser Methodenwerkzeuge, die sich für einen sprachsensiblen (Biologie-) Unterricht eignen (ebd.: S. 269–273).

Methoden-Werkzeug	Beschreibung
Wortliste	Liste wichtiger Wörter und Fachbegriffe
Memory	Legespiel, bei dem Kärtchen mit je zwei zueinander „passenden“ Fachbildern und/oder fachlichen Begriffen durch Aufdecken gefunden und richtig zugeordnet werden müssen
Partnerkärtchen	Sammlung von Kärtchensätzen mit paarweise angeordneten Fragen und Antworten (Lösungen) zu einem bestimmten Fachthema
Satzmuster	Sammlung standardisierter Redewendungen der Fachsprache
Zuordnung	paarweise Zuordnung von Begriffen, Gegenständen, Symbolen...
Wortgeländer	Gerüst aus ungeordnet vorgegebenen Wörtern

Abb.: 8 Die Tabelle zeigt ausgewählte Methoden-Werkzeuge nach Leisen (2013: S. 269–273), die sich für einen sprachsensiblen Unterricht eignen. Die Auswahl der in der Tabelle dargestellten Methoden-Werkzeuge ist auf die Verwendung des im Rahmen dieser Arbeit erstellten Unterrichtskonzepts getroffen worden.

Nun wurde bereits ausgiebig darüber erläutert, wieso sprachliches Lernen mit fachlichem Lernen zusammenhängt und welche Möglichkeiten der Umsetzung es für einen sprachsensiblen Biologieunterricht gibt. Doch worin genau liegen nun die Schwierigkeiten und Herausforderungen der Sprache des Biologieunterrichts? Dieser Frage wird nachfolgend auf den Grund gegangen.

2.3.1 Sprachliche Besonderheiten

Besonders ein naturwissenschaftliches Unterrichtsfach wie Biologie weist eine Vielzahl syntaktischer und morphologischer Besonderheiten auf, die für Schülerinnen und Schüler sprachlich herausfordernd sein können. Aus diesem Grund wird anschließend auf die typischen sprachlichen Charakteristika des Biologieunterrichts eingegangen.

⁷ Bei der Auswahl handelt es sich um jene Werkzeuge, die auch im Unterrichtskonzept Anwendung finden.

2.3.2 Sprachregister: Fachsprache und Fachwortschatz

Linguisten sind sich mittlerweile darüber einig, dass es eine Einsprachigkeit per se nicht gäbe und begründen diese Negation damit, dass der Mensch je nach Situationskontext zwischen verschiedenen Sprachregistern hin und her wechselt (vgl. Gogolin & Krüger-Potratz, 2012: S. 8). Als Sprachregister wird die Art und Weise, „wie Sprache verwendet wird, wie Inhalte und Informationen dargestellt und kommuniziert werden“ verstanden (Lange, 2012: S. 125). Dazu zählen nicht nur Sprachwechsel auf Ebene regionaler, lokaler und sozialer Varietäten, sondern auch alters- und geschlechtsabhängige Ausdrucksformen sowie alltags- und schriftsprachliche Handlungen (vgl. Gogolin & Krüger-Potratz, 2012: S. 8). Der Wechsel zwischen diesen Registern geschieht bei kundigen Sprecherinnen und Sprechern unbewusst und somit auch ohne eine explizite Wahrnehmung der sprachlichen Besonderheiten der einzelnen Register (vgl. ebd.: S. 8). Auch in der Schule und speziell im Biologieunterricht sind diese verschiedenen Sprachregister vorhanden. Von erfolgreichen Schülerinnen und Schülern wird demnach erwartet, diese erkennen und beherrschen zu können. Gogolin & Krüger-Potratz (2012: S. 8) sehen es diesbezüglich als Aufgabe der Schule, die Lernenden bei diesem Registerwechsel angemessen zu unterstützen, um Erfolg im Unterricht gewährleisten zu können. Doch welche Sprachregister sind es nun, die für die Lernenden besondere Schwierigkeiten darstellen?

Grob gesagt lassen sich zwei Sprachregisterbereiche unterscheiden: Die Alltagssprache und die Bildungssprache, wobei letztere schulsprachliche und fachsprachliche Elemente zusammenfasst (vgl. Rösch, 2011: S. 48). Als Alltagssprache beschreibt der Duden eine „Sprache, die im alltäglichen Verkehr der Menschen untereinander angewendet wird und zwischen Standardsprache und Umgangssprache steht“ (Duden, 2021a).

Dem gegenüber steht die Bildungssprache, die nicht nur im schulischen Kontext, sondern im gesamten Bildungskontext bedeutsam ist, weil sie soziale sowie kulturelle Praktiken der gesellschaftlichen Sprachverwendung und die Form der Wissensvermittlung bestimmt (vgl. Schmölzer-Eibinger, 2013: S. 25). Während der Terminus *Bildungssprache* früher noch mit der innerhalb einer schulischen Laufbahn erworbenen Sprachverwendung gleichgesetzt wurde, weiß man heute, dass dies auch misslingen kann (vgl. Drumm, 2016: S. 9). Immer häufiger verlassen

Schülerinnen und Schüler die Schule, ohne über bildungssprachliche Kompetenzen zu verfügen (vgl. ebd.: S. 9). Die sprachdidaktische Forschung versteht den Begriff der Bildungssprache nicht singular, sondern nennt alternierende bzw. ergänzende Bezeichnungen wie *konzeptionelle Schriftlichkeit* (Koch & Oesterreicher, 1994), Schulsprache (Feilke, 2012) oder *academic literacy* (Gibbons, 2009), wobei sich alle auf die Sprache der Bildungsinstitution beziehen (vgl. Drumm, 2016: S. 9). Dennoch ist es die *Bildungssprache*, die den Schlüsselbegriff „in der bildungspolitischen Diskussion um den schulischen Erfolg von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund darstellt [...]“ (vgl. ebd.: S. 9–10).

Im systemlinguistischen Kontext ist die Bildungssprache lediglich als Varietät des Deutschen zu betrachten und damit mit allen anderen Varietäten gleichgestellt. Bedeutsam ist diesbezüglich allerdings die Fachsprache als Varietät der Bildungssprache, „die die Verständigung zwischen Fachleuten über fachliche Gegenstände bezeichnet“ (Drumm, 2016: S. 10). Die Schulsprache ist insofern auch als Fachsprache zu verstehen, als sie zur Kommunikation zwischen SchülerInnen und LehrerInnen über Fachgegenstände dient (vgl. ebd.: S. 11).

Leisen (2013) unterteilt die fachsprachliche Kommunikation im Unterricht wie folgt:

Er verbindet die unterschiedlichen Formen sprachlicher Darstellung jeweils mit unterschiedlichen Abstraktionsebenen. Für sprachschwache SchülerInnen ist der Wechsel eben dieser Ebenen sprachlicher Abstraktion der Grund für Verständnis- und Sprachprobleme, weswegen es der Lehrperson obliegt, die Darstellungsformen an die jeweilige Unterrichtssituation anzupassen. Beispielsweise sind für Kompetenzen wie *Beschreiben* oder *Erklären* bildliche und

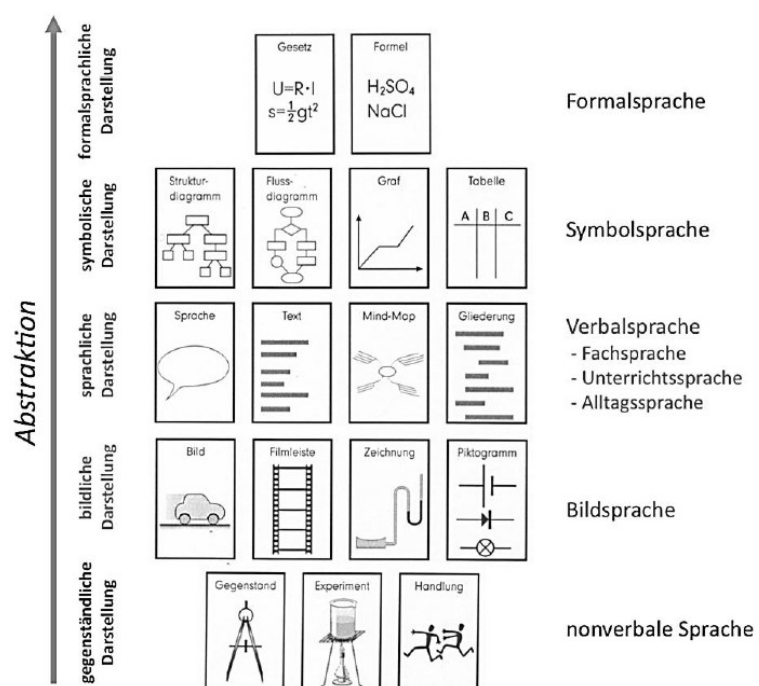


Abb.: 9 Darstellungsformen und Abstraktionsebenen im Fachunterricht (Leisen, 2013: S. 253)

sprachliche Darstellungsformen passend. Neben fachmethodischen Funktionen weist die Unterteilung allerdings auch lernpsychologische Funktionen auf, da der Grad am Verständnis von Sachinhalten individuell von der Darstellungsform abhängt. Während bestimmte Darstellungen für manche Schüler und Schülerinnen ein Lernhindernis darstellen, können sie gleichzeitig anderen Lernenden als Verständnishilfe dienen. Demnach gilt es „[d]as didaktische Potenzial des ‚Wechsels der Darstellungsformen‘ [...] zu nutzen“ (Leisen, 2013: S. 254).

Im Fachunterricht werden

Termini [...] erst dann für Lernende bedeutsam, wenn der sprachliche und begriffliche Kontext über bloße Definitionen hinaus hergestellt und die mit der Fachsprache verknüpften Vorstellungen erkannt werden (Gropengießer & Kattmann, 2018: S. 381).

Doch wo liegen nun genau die sprachlichen Schwierigkeiten des Fachunterrichts? Laut Leisen (2013: S. 255–256) haben sie ihren Ursprung in den vier Bereichen *Morphologie und Syntax*, *fachtypische Sprachstrukturen*, *Fachinhalten*, *spezifische Struktur von Fachtexten*, weswegen diese nachfolgend aufgezeigt werden.

2.3.2.1 Morphologie und Syntax

Fachsprache kennzeichnet sich durch spezifische Merkmale der Zusammensetzung und des Aufbaus einzelner Worte sowie ganzer Sätze, die Lernenden häufig Schwierigkeiten bereiten, weil sie in der Alltagssprache selten bis gar nicht vorhanden sind. Die nachfolgende Tabelle (Abb.: 10) skizziert beispielhaft am Thema Fortpflanzung von Pflanzen die morphologischen und syntaktischen Besonderheiten der Fachsprache im Biologieunterricht. Zu den morphologischen Besonderheiten zählen unter anderem eine Häufung von Fachbegriffen, Komposita (=zusammengesetzten Wörtern) sowie Verben mit Vorsilben wie im Fall von be-fruchten, ausbreiten, be-stäuben, etc. Zu den syntaktischen Besonderheiten zählen eine gehäufte Nutzung substantivierter Infinitive wie beispielsweise das Bestäuben, das Keimen, etc. und Passivformulierungen, die vor allem in Versuchsbeschreibungen sehr oft Anwendung finden. Zuletzt ist noch die Verwendung komplexer Attribute zu nennen, die ebenfalls ein Merkmal der (biologischen) Fachsprache ist (vgl. Leisen, 2013: S. 255–256)

Morphologische Besonderheiten der Fachsprache	Beispiele
viele Fachbegriffe	Pollen, Bestäubung, Befruchtung, Stempel
gehäufte Verwendung von Komposita	Pollenschlauch, Windausbreitung, Fruchtknoten, Kelchblatt, Staubfaden
viele Verben mit Vorsilben	bestäuben, ausbreiten, befruchten
Syntaktische Besonderheiten der Fachsprache	Beispiele
gehäufte Nutzung substantivierter Infinitive	das Bestäuben, das Befruchten, das Wachsen, das Keimen
gehäufte Nutzung von Passiv	Der Blumentopf wird mit einem Löffel halbvoll mit Erde gefüllt.
Verwendung komplexer Attribute anstelle von Attributsätzen	...die durch Insekten bestäubte Linde...

Abb.: 10 Fachsprache kennzeichnet sich unter anderem durch morphologische und syntaktische Besonderheiten. Die Tabelle zeigt auszugsweise sprachliche Beispiele anhand der Thematik des Unterrichtskonzepts (vgl. Leisen, 2013: S. 255–256).

2.3.2.2 Lexik und Semantik / Fachtypische Sprachstrukturen

Jedes (Unterrichts-)Fach weist fachtypische Sprachstrukturen auf, denen in der jeweiligen Fachsprache eine andere (semantische) Bedeutung zugewiesen wird, als in der Alltagssprache. So meint beispielsweise der „Staubbeutel“ in der Botanik keineswegs den Auffangbehälter eines Staubsaugers, sondern den oberen Teil des Staubblattes einer Blüte, in dem die Produktion des Pollen stattfindet⁸. Zudem beinhalten Sachtexte oftmals „komplexe fachtypische Sprachwendungen“ (Leisen, 2013: S. 257) wie zum Beispiel „Die Biene transportiert die Pollen von Blüte zu Blüte“. Lernende verknüpfen das Verb „transportieren“ in erster Linie mit einem beabsichtigten Bewegungsprozess. Da die Bestäubung durch Insekten jedoch unbeabsichtigt funktioniert, ist hier keineswegs vom *bewussten* Transportieren die Rede.

Die biologische Fachsprache greift für die Benennung von Fachtermini wie diese Beispiele zeigen häufig auf die Alltagssprachliche Lexik zurück, weswegen hier vor allem auf die „metaphorische Übertragung Alltagssprachlicher Begriffe auf einen fachsprachlichen ‚Wissensbereich‘“ eingegangen wird (Müllner, 2014: S. 35 nach Gropengießer, 2007: S. 107).

⁸ Auf die lexikalische Besonderheiten von botanischen Fachtermini wird im nächsten Unterkapitel noch genauer eingegangen.

Nachfolgende Aufzählung zeigt beispielhaft an botanischen Termini, wie verkörperte Begriffe aus einem Ursprungsbereich auf die Botanik übertragen werden, um ein besseres Verständnis für die Beschaffenheit und Funktion der Blüte sowie der Blütenökologie gewährleisten zu können. Aus dieser semantischen Anlehnung resultiert ein wechselseitiger Austausch zwischen Alltagssprachlichen Vorstellungen auf Basis unserer Erfahrungen und fachwissenschaftlichen Begriffen, die dadurch imaginativ verständlich gemacht wurden (vgl. Gropengießer, 2007: S. 106–107).

- Staubbeutel
- Kelchblatt
- Staubfaden
- Bestäuben
- Pollenschlauch

2.3.2.3 Fachinhalte:

Verständnisprobleme ergeben sich wie bereits erwähnt auch aus fachlichen Inhalten, zu denen unter anderem auch Tabellen, Skizzen, Grafen, Diagramme und Bilder zählen. Die Einführung der Lernenden in den Umgang mit diesen Darstellungsformen ist essentiell, um einen gewissen Grad an Verständnis erreichen zu können. Sachtexte sind beispielsweise in ihrer Gedankenführung so verdichtet, dass „die hohe Verdichtung der Komplexität und Kompliziertheit der Sachverhalte noch verstärkt [wird], statt das Verstehen zu vereinfachen“ (Leisen, 2013: S. 258).

2.3.2.4 Struktur von Fachtexten:

Der spezifische Aufbau von Fachtexten kennzeichnet sich in der Regel unter anderem durch die Einführung von Begriffen, Text-Bild-Bezügen, eingefügte Beispiele, erläuternde und illustrierende Zusätze, eingebundene Experimente, Rückgriffe auf Vorwissen und hoch verdichtete Merksätze (vgl. Leisen, 2013: S. 258). Dementsprechend verlangt das Lesen von Fachtexten ein hohes Maß an Einzelkompetenzen. Bei der Erstellung des Lernhefts wird deswegen vor allem auf eine sprachensible Gestaltung bezüglich der Einführung von Begriffen sowie Text-Bild-Bezügen geachtet. Für die Einführung und Erklärung neuer Begriffe wird folgende einheitliche Strukturierung umgesetzt: Fachtermini werden im Text grün hinterlegt und absichtlich nicht mit Fußnoten versehen, was damit zu begründen ist, dass die grüne Hinterlegung der selben grünen Farbe der Wortbox am rechten Blattrand

entspricht, somit optisch (anstatt mit Zahlen) darauf verweist und dementsprechend kognitiv einfacher verständlich ist als Fußnoten in Zahlenformat. Da für das Lernheft besonders im Modul 3 auch Text-Bild-Bezüge eingebaut sind, werden diese ebenfalls sprachsensibel gestaltet, um die kognitive Kapazitäten für die Verknüpfung von Bild und Text gewährleisten zu können. Das wird insofern umgesetzt, als die Schülerinnen und Schüler sprachlich entlastet werden, indem sie beispielsweise Wortgeländer, Satzmuster, Lückentexte o.a. vorgegeben bekommen (vgl. ebd.: S. 269–273).

2.3.3 Sprachliche Kompetenzen (Operatoren)

Wie bereits erwähnt, ist es Aufgabe der Bildungsinstitution Schule, Lernende beim Übergang des Erwerbs von der Alltags- zur Bildungssprache zu unterstützen, da die Beherrschung letzterer als Voraussetzung für schulischen Erfolg gilt (vgl. Gogolin & Lange, 2011: S. 208). Besonders die seit dem Schuljahr 2014/15 durchgesetzte Orientierung an Kompetenzen⁹ im Rahmen der Reife- und Diplomprüfung illustriert diese Forderung. Denn es reicht mittlerweile nicht mehr, Wissen lediglich reproduzieren und wiedergeben zu können, um die Schule erfolgreich abschließen zu können. Stattdessen ist die Entwicklung verschiedener Kompetenzen essentiell, die es Lernenden ermöglichen, „ihr erworbenes Fachwissen in relevanten und komplexen Problemsituationen anzuwenden“ (Reichstädter & Müllner, 2018: S. 1). Eine durchaus wichtige Rolle spielt dabei die sprachliche Gestaltung der Prüfungsaufgaben, die auf der Verwendung sogenannter *Operatoren* basiert (vgl. ebd.: S. 1). Unter einem Operator wird ein „handlungsinitierende[s] [Verb]“ im Imperativ verstanden, welches zu einer „handlungsorientierten“ Aufgabenformulierung beiträgt und zu „beobachtbaren Tätigkeiten oder Produkten [führt] (ebd.: S. 1). Sie kommunizieren damit eindeutig die Erwartung der Aufgabenbearbeitung (vgl. ebd.: S. 1). Tajmel (2011: S. 9) verweist auf den fachspezifischen Charakter von Operatoren, weswegen deren Vermittlung dem jeweiligen Fach obliegt. Im Zuge der Aufgabenbearbeitung müssen die Schülerinnen und Schüler demnach unterschiedliche Schreibprozeduren beherrschen und umsetzen können. „Sowohl das richtige Formulieren der verlangten Texte als auch die Bedeutung der Operatoren [...] sind Teilaspekte der bildungssprachlichen Kompetenz [...], die ein erfolgreicher

⁹ Unter Kompetenzen verstehen Klieme et al. (2003: S. 72) „eine Disposition, die Personen befähigt, [...] konkrete Anforderungssituationen eines bestimmten Typs zu bewältigen“.

Schüler/eine erfolgreiche Schülerin beherrschen muss“ (Müllner, 2014: S. 18). Um die Lernenden mit diesen Kompetenzanforderungen vertraut zu machen und damit auf die Reife- und Diplomprüfung ideal vorzubereiten, sollte im Biologieunterricht so früh wie möglich begonnen werden, mit Operatoren zu arbeiten.

Für das im Rahmen dieser Masterarbeit entwickelte Unterrichtskonzept sind aufgrund didaktischer Überlegungen (Lernheft) hauptsächlich die schriftlichen Kompetenzbereiche (*Fachwissen aneignen und kommunizieren, Erkenntnisse gewinnen sowie Standpunkte begründen und reflektiert handeln*) relevant. Aufgrund der Tatsache, dass die Vermittlung für die Sekundarstufe 1 vorgesehen ist, werden vorwiegend, jedoch nicht ausschließlich, Operatoren des reproduktiven Anforderungsbereichs angewendet.

2.4 Außerschulisches Lernen im Biologieunterricht am Beispiel des Parks

Nachstehendes Kapitel beschäftigt sich in Bezug auf das Modell der didaktischen Rekonstruktion mit der didaktischen Struktur des Unterrichtskonzepts hinsichtlich des Lernortes.

2.4.1 Begriffsdefinition

In der heutigen Zeit sollte Unterricht so gestaltet werden, dass er Schülerinnen und Schülern möglichst viele Erfahrung und einen nahen Lebensbezug bietet. Im Kontext eines Unterrichts, der über das reine Vermitteln von Fachwissen hinausgeht, ist deswegen zu empfehlen, möglichst viele Lernorte zu nutzen. Da die Schule als Bildungseinrichtung gänzlich dem Lernen dient, ist sie nach Dühlmeier (2010: S. 9–11) als primärer Lernort zu bezeichnen. Lernen kann allerdings nicht nur in der Schule stattfinden, sondern auch an sekundären, außerschulischen Lernorten, die erst durch die Einbeziehung in den Unterricht zu eben solchen werden (vgl. Gebhardt, 2016: S. 6). Der Terminus “außerschulischer Lernort” wird in dieser Arbeit wie bereits erwähnt als

unterrichtliche Aktivität außerhalb der Schule, bei de[r] es vorwiegend um eine alltagsweltlich orientierte Erschließung unterschiedlicher Lernbereiche sowie um eine Anwendung von schulisch erworbenen Kompetenzen in lebensnahen Lernsituationen geht [verstanden] (Erhorn & Schwier, 2016: S. 7).

Das Besuchen eines solchen außerschulischen Lernortes kann insofern „zu einem didaktischen Kniff im pädagogischen Arrangement“ werden, als es eine

unterrichtliche Ergänzung oder einen alternativen Zugang zu einem Themengebiet bietet (vgl. Budde & Hummrich, 2016: S. 43).

2.4.2 Vor- und Nachteile

Für den Biologieunterricht eignen sich als außerschulische Lernorte neben Museen und Zoos vor allem auch Orte, die direkte Naturerfahrungen ermöglichen. Dazu zählen nicht nur Wälder, Flüsse, Nationalparks und Wiesen, sondern vor allem auch Parks, die besonders aufgrund ihrer örtlichen Nähe zu (städtischen) Schulen und dem nahen Lebensbezug für Kinder gut als außerschulische Lernorte im Biologieunterricht herangezogen werden können.

Die Vorzüge eines außerschulischen Biologieunterrichts wurden bereits mehrfach bestätigt (vgl. Killermann et al., 2013: S. 99). Der wohl offensichtlichste Vorteil liegt in der „*originalen Begegnung*“, womit die „Beschäftigung mit Inhalten im authentischen Wirklichkeitszusammenhang“ gemeint ist (Spörhase, 2015: S. 182). Gerade für ein naturwissenschaftliches Fach wie Biologie ist dies insofern relevant, als Lernenden durch diesen nahen Lebensbezug die Unterrichtsthematik bedeutsamer erscheint (vgl. Killermann et al., 2013: S. 93). Aufgrund der stärkeren Handlungsorientierung profitieren vor allem leistungsschwächere Lernende von außerschulischem Unterricht, wobei nicht außer Acht gelassen werden darf, dass schülerinnen- und schülerzentrierte Sozialformen durch die Beeinflussung sozial-emotionalen Lernens allen Lernenden zugutekommt. In Bezug auf den Biologieunterricht ist außerschulisches Lernen besonders für die Erschließung ökologischer Themen wichtig (vgl. Spörhase, 2015: S. 182). Folgender Verweis unterlegt dies:

Lebewesen können in ihrer natürlichen Umgebung beobachtet werden, was dazu führt, dass SchülerInnen wirklichkeitsgetreue Vorstellungen entwickeln, die sie durch den mit Medien unterstützten Unterricht nicht in diesem Ausmaß erlangen könnten. Würde man einzelne Pflanzen direkt in den Klassenraum mitbringen oder gar nur Fotos davon zeigen, könnten SchülerInnen nie so reale Vorstellungen entwickeln, wie beim Aufenthalt in der freien Natur. Gerade für ökologische Lerninhalte, die [...] ein systemisches Denken voraussetzen, ist es besonders wichtig, Lernobjekte im geeigneten Kontext zu beobachten (Gebhardt, 2016: S. 8)

Dementsprechend liegt es auf der Hand, dass das im Rahmen dieser Arbeit erstellte Unterrichtskonzept zum Thema „sexuelle Fortpflanzung von (Blüten-)Pflanzen“ möglichst an einem außerschulischen Ort unterrichtet werden sollte. Die in diesem Zusammenhang gesammelten Veränderungen im Denken und Handeln können nicht nur in einer stärkeren Naturverbundenheit resultieren, sondern auch

das Umweltbewusstsein fördern (vgl. Gropengießer & Kattmann, 2018: S. 429). Da diese Faktoren jedoch aufgrund des Umfangs in dieser Arbeit nicht mitberücksichtigt werden können, ist an dieser Stelle auf Ritt (2018) zu verweisen.

Obwohl das außerschulische Unterrichten für das Lernen vorteilhaft zu sein scheint, ist es mit einer im Vergleich zum Unterricht in der Klasse mit erheblich umfangreicheren Vorbereitungen wie einer Vorexkursion, der Verständigung der Eltern, der An- und Abreise etc. verbunden. Auch die Befreiung vom Unterricht der Lehrperson, sowie das Organisieren einer Begleitperson stellen einen organisatorischen Mehraufwand dar. Diese Nachteile betreffen vor allem die Planung von außerschulischem Unterricht, weswegen sich ein nachfolgendes Kapitel näher damit beschäftigt.

2.4.3 Planung von außerschulischem Unterricht

Obwohl der Unterricht außerhalb des Schulgebäudes zahlreiche Vorzüge mit sich bringt, gilt es dennoch, „bei Entscheidungen für oder gegen einen bestimmten Lernort [...] zwischen der Effektivität des Lernangebots in Abhängigkeit vom Lernort und dessen Effizienz [abzuwägen]“ (Spörhase, 2015: S. 182). Spörhase nennt hierfür mehrere Faktoren, an denen man sich orientieren kann: Lernchancen und Kompetenzerwerb im Vergleich zum schulischen Unterricht, Dauer des Ortswechsels, Kosten, Organisationsaufwand (vgl. ebd.: S. 183).

Die Ausprägung dieser Faktoren muss selbstverständlich auch in die Planung des außerschulischen Unterrichts miteinfließen. Im Allgemeinen ist dieser hinsichtlich der Inhalte, der Methodik, der Arbeitsweisen sowie den Unterrichtsprinzipien sorgfältig zu planen. Essentiell ist dafür die Kenntnis des Lernortes durch die Lehrperson, wofür in der Regel eine Vorexkursion nötig ist. Die Vorbereitungsphase umfasst „[d]ie Verhältnisse vor Ort, die inhaltlichen Schwerpunktsetzungen, Arbeitsmöglichkeiten für Gruppen, [...] notwendige Ausrüstung und Arbeitsmaterialien, Verkehrsanbindungen, Ausweichmöglichkeiten bei schlechtem Wetter etc.“ (Spörhase, 2015: S. 184). Auch mit den Eltern und der Schulleitung muss im Vorfeld über die Exkursion Absprache gehalten werden. An dieser Stelle soll noch einmal dezidiert darauf hingewiesen werden, dass viele dieser Aspekte durch die unmittelbare Nähe eines städtischen Parks zum Schulstandort vereinfacht werden bzw. gegebenenfalls sogar gänzlich wegfallen, worin ein großer Vorteil liegt.

3 METHODIK

Nachdem nun die fachlichen Aspekte bereits ausführlich geklärt wurden, sollen in diesem Kapitel im Hinblick auf das Modell der didaktischen Rekonstruktion die Schülerperspektive sowie die didaktische Strukturierung in den Fokus gerückt werden.

Für die Auseinandersetzung mit dem Forschungsschwerpunkt wird einerseits eine ausführliche Literaturrecherche angestellt, um den (fach-)didaktischen Diskurs widerzuspiegeln. Andererseits sollen auch 2-3 ausgewählte Schülerinnen und Schüler mit Deutsch als Zweitsprache in die Erstellung bzw. Adaptierung des Unterrichtskonzepts miteinbezogen werden. Da die Benennung gewisser Fachtermini sprachlich gesehen als problematisch einzustufen ist, wird die direkte Miteinbeziehung der Lernenden herangezogen, um besser nachvollziehen zu können, was Schülerinnen und Schüler zu (botanischen) Fachbegriffen denken bzw. wie sie Gegenstände auf sprachlicher Ebene verstehen (vgl. dazu Lampert, 2012). Zudem soll mit ihrer Hilfe abgewogen werden, ob die Miteinbeziehung anderer Erstsprachen lernunterstützend wirkt. Diese Miteinbeziehung kann beispielsweise mithilfe des „Lauten Denkens“ umgesetzt werden und wird dementsprechend dokumentiert. Im Rahmen dessen können die ausgewählten Schülerinnen und Schüler auch Anmerkungen zum Unterrichtskonzept machen, die als Ausgangslage für spätere Adaptierungen herangezogen werden können. An der nachfolgenden Interventionsstudie dürfen diese Lernenden zwar teilnehmen, jedoch werden ihre Ergebnisse nicht in die Datenerhebung und –analyse miteinbezogen, weil sie aufgrund der Mitarbeit am Konzept bereits theoretisches Wissen erworben haben und dadurch das Ergebnis verfälschen würden.

3.1 Befragung ausgewählter SuS

Die Miteinbeziehung der Lernenden in die Erstellung des Unterrichtskonzepts wurde im Rahmen eines gemeinsamen Gespräches mit zwei zufällig ausgewählten Schülerinnen und Schülern (mit DaZ) aus zwei verschiedenen Klassen durchgeführt. Die Befragung war als offenes Gespräch ausgelegt, bei dem sich die Lernenden über das Lernheft hinsichtlich der Aufgabenstellung unterhalten sollten. Da ein semistrukturiertes Interview samt Transkription den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, wird nachfolgend lediglich kurz zusammengefasst, was bei der

Befragung aufgefallen ist und welche Auswirkungen das auf die Erstellung des Konzepts hatte.

Die Aufgabe eins zum Blütenaufbau wurde in Zusammenarbeit mit zwei Lehrerinnen aus dem Kollegium der Schule erstellt, welche Türkisch bzw. Serbisch als Erstsprache lernten und dementsprechend bei den Übersetzungen helfen konnten. Diese mehrsprachige Abbildung wurde bei den Lernenden dahingehend als hilfreich angesehen, als sie durch die vereinfachten Beschreibungen auf Türkisch bzw. Serbisch verstanden, dass Blüten aus männlichen und weiblichen Organen bestehen. Auch ein Bewusstsein über die Anlehnung fachsprachlicher Begriffe an die Alltagssprache konnte damit gefördert werden. Beispielsweise heißt das Kelchblatt aus dem Türkischen übersetzt „Schüsselblatt“ und ähnelt dem deutschen Fachbegriff damit sehr.

Hinsichtlich der zweiten Aufgabe war die Aufgabenstellungen den beiden Lernenden schnell klar und sie zeigten keine Schwierigkeiten beim Zuordnen der Begriffe aus der Alltags- und Fachsprache. Auffällig war, dass sich die Lernenden bezüglich des Genus des Begriffs „Pollen“ uneinig waren. Sie sprachen kurz darüber, ob dieser Artikel richtig wäre, und „...dass es doch die Pollen wären“. Die Anführung des Artikels in der Wortbox am Rand scheint dahingehend ein Bewusstsein geschaffen zu haben.

Die Aufgabe 7 wurde von den Befragten dahingehend gelöst, dass bewusst auf die Deklination der Wörter vor den Lücken geachtet wurde, um dementsprechend die richtige Lösung zu finden. Da „Öffnung“ und „Befruchtung“ allerdings beide feminin sind, besteht die Möglichkeit der Verwechslung, wenn die Wörter lediglich nach den Genera eingesetzt werden. Hier ist deswegen von der Lehrperson darauf zu achten, ob die Schülerinnen und Schüler beim Ausfüllen auch nachdenken.

Eine Anpassung des Unterrichtskonzepts fand dahingehend statt, dass die Lernenden bei Aufgabe 8 nicht mehr wussten, was die Narbe war. Aus diesem Grund wurde die schematische Abbildung aus einer vorherigen Aufgabe, in der Narbe und Pollenschlauch markiert wurden, eingefügt. Diese Aufgabe schien zudem eine bedeutungstragende Sequenz zu sein, da die Schülerinnen und Schüler hier all ihr Wissen aus den vorherigen Aufgaben verknüpfen mussten. Es war auffallend, dass dabei die Wuchsrichtung des Pollenschlauchs verwechselt wurde, weswegen

nachträglich noch ein roter Richtungspfeil eingefügt wurde. Die Befruchtung und Fruchtbildung konnte von den Befragten richtig beschrieben werden.

Im Rahmen der Aufgabe 10 fiel auf, dass die Lernenden noch kein Verständnis für den Zusammenhang zwischen der sexuellen Fortpflanzung und dem Vorhandensein von Blüten entwickelt hatten. Aus diesem Grund wurde dezidiert eine Frage in das Lernheft eingefügt, die konkret die Abhängigkeit von Blüten hinsichtlich der Fortpflanzungsart hinterfragt. Spätestens an dieser Stelle sollte den Lernenden damit bewusst werden, dass Blüten die Geschlechtsorgane von sich sexuell vermehrenden Pflanzen enthalten. Nach diesem Hinweis konnten die beiden Befragten die letzte Frage der Aufgabe 10 (*Gibt es Pflanzen, die sich asexuell und sexuell fortpflanzen können?*) richtig beantworten. Die Aufgabe 12 stellte die Befragten vor eine große Herausforderung und schien zu komplex zu sein, weswegen diese Aufgabe wie bereits beschrieben lediglich zur Differenzierung nach oben verwendet werden sollte.

Die restlichen Aufgaben konnten von den Lernenden richtig beantwortet bzw. bearbeitet werden, weswegen hierfür keine Adaptionen notwendig waren.

3.2 Rahmenbedingungen des Unterrichtskonzepts

Im nachfolgenden Kapitel werden die Rahmenbedingung für das Unterrichtskonzept erläutert. Nachdem in einem ersten Unterkapitel wird der Lehrplanbezug hergestellt wird, beschäftigt sich ein weiteres Unterkapitel mit ausgewählten Schülervorstellungen, die im Kontext des Unterrichtskonzepts von Relevanz sind. Basierend auf den Schülervorstellungen werden zuletzt noch begriffliche Schwierigkeiten beschrieben, die in der Konzepterstellung berücksichtigt wurden.

3.2.1 Lehrplanbezug

Die Bestäubungsökologie bezieht sich aufgrund ihrer Interdisziplinarität neben der Botanik auf auch auf andere Fachbereiche wie die Zoologie, Ökologie oder Evolutionsbiologie. Gerade im Zuge des schulischen Biologieunterrichts ergeben sich diesbezüglich Möglichkeiten der Auseinandersetzungen in den Themenbereichen Anthropologie, Diversität, Ernährung sowie Landwirtschaft. Da die Bestäubungsökologie all diesen Thematiken zugrunde liegt, ist ihre Behandlung im Biologieunterricht unerlässlich.

In den österreichischen Lehrplänen findet sich die Thematisierung von Pflanzen in allen Schulstufen. Zudem sieht der Lehrplan (der Mittelschule als auch AHS) in allen Schulstufen Naturbegegnungen vor (vgl. BMBWF, 2020a: S. 70). „An Beispielen ausgewählter einheimischer Vertreter aus dem [...] Pflanzenreich sind Bau und Funktion zu erarbeiten“ (ebd.: S. 70). Den Schwerpunkt bilden dabei Blütenpflanzen, die „von Bedeutung sind oder den Erlebnisbereich der Schülerin oder des Schülers bilden“ (ebd.: S. 70). Der Forderung dieses Schwerpunktes wird im Unterrichtskonzept insofern nachgegangen, als der Park als außerschulischer Lernort einen sehr nahen Lebensbezug zu den Lernenden aufweist und bewusst Pflanzen herangezogen werden, die aus dem Alltag bekannt sind. Die Behandlung der Fortpflanzung von Pflanzen eignet sich auch für die 8. Schulstufe, da der Lehrplan hier einen Fokus auf „diejenigen Organismen, die für den Themenbereich Stadtökologie [...] von Bedeutung sind“ vorsieht (ebd.: S. 72).

3.2.2 Schülervorstellungen und „Folgen“ für das Konzept

Peter Lampert beschäftigte sich 2012 in seiner Diplomarbeit mit Schülervorstellungen zum Thema Bestäubung. Auch Alexandra Wallach (2020) widmete sich in ihrer Forschungsarbeit dieser Thematik. Ihre Arbeit unterscheidet sich jedoch insofern von jener Lamperts (2012), als sie mit Hilfe von Interviews die Schülervorstellungen *nach* einem Lernprozess erhob und dabei nicht nur Daten zu Schülervorstellungen zur Bestäubung erhob, sondern allgemein zur Fortpflanzung von Blütenpflanzen. Die Ergebnisse beider Arbeiten sowie jener von Lampert, Pany et al. (2018) werden im Nachfolgenden kurz zusammengefasst, da sie für die Erarbeitung des Unterrichtskonzeptes eine wesentliche Rolle spielen.

Allgemein ließ sich feststellen, dass Lernende sehr häufig die beiden Prozesse Bestäubung und Samenausbreitung verwechseln bzw. vermengen, was an der Ähnlichkeit hinsichtlich folgender Aspekte zwischen beiden Vorgängen liegt: beide Prozesse enden im selben Resultat – nämlich der Ausbreitung der Pflanze – und ähneln einander bezüglich der Vektoren (Tiere und Wind). Für die Lernenden ergibt sich zudem eine Ähnlichkeit der bewegten Stoffe (vgl. Lampert, Pany et al., 2018: S. 41).

Bezüglich den Schülervorstellungen zur Funktion der Frucht hat sich bei Wallach (2020) herausgestellt, dass Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten beim Verständnis von Früchten als Fortpflanzungs- und Ausbreitungsorgane von Pflanzen

haben. Gerade bei Früchten, die als Lebensmittel bekannt sind, „handelt es sich um menschenzentrierte Ideen, die eine Verbindung zur geschlechtlichen Fortpflanzung der Pflanzen erschweren“ (Wallach, 2020: S. 35). Lernende sehen solche Früchte primär als Obst und sprechen ihnen deswegen hauptsächlich eine Funktion als Nahrungsgrundlage für Mensch und Tier zu (vgl. ebd.: S. 35). Dementsprechend werden im Unterrichtskonzept explizit verschiedene Arten von Früchten – abgesehen von Obst – vorgestellt. Es hat sich weiters gezeigt, dass ein Großteil der Befragten klar zwischen Samen (der von einigen Lernenden als „Kern“ bezeichnet und diesem gleichgesetzt wird) und der essbaren Frucht differenziert. Demzufolge werden Samen nicht als Einheit mit der Frucht gesehen und wären einzig und allein für die Bildung einer neuen Pflanze verantwortlich (vgl. ebd.: S. 35–36). Die Frucht hingegen diene lediglich der Ernährung von Mensch sowie Tier und wird nicht als Teil der Ausbreitungseinheit verstanden (vgl. ebd.: S. 36). Auf diese Vorstellung wird im Unterrichtskonzept insofern eingegangen, als die Lernenden gezielt den Unterschied zwischen Same und Frucht anhand mehrerer Anschauungsobjekte beschreiben sollen.

Betreffend der Bestäubung stellte sich bei der Analyse der Interviews heraus, „dass die Bestäubung eine dominante Rolle bei der Beschreibung der Fortpflanzung einnimmt“ (Wallach, 2020: S. 39). Vor allem die Bestäubung durch Tiere (Zoophilie) und speziell durch Bienen ist bei Schülerinnen und Schülern fest verankert (vgl. Lampert, Pany et al., 2018: S. 41). Im Vergleich dazu assoziieren Lernende Wind überwiegend mit Samenausbreitung (vgl. ebd.: S. 41). Bei Wallach (2020) zeigte sich, dass ein Schüler die Nektarsuche und den bewussten Pollentransport nicht auf die Fortpflanzungsfunktion der Bestäubung bezog, sondern lediglich auf bestimmte Stichworte wie „Nektar“, „Honig“ und „Königin“, „die sich auf Honigbienen zurückführen lassen“ (Wallach, 2020: S. 39). Es ist offensichtlich, dass damit auch das beabsichtigte Sammeln der Pollen von Seiten der Bestäuber zusammenhängt. Interessant ist, dass eine andere Schülerin Pollenkörner als „blinde Passagiere“ bezeichnet und damit den zufälligen, unbewussten Transport hervorhebt (vgl. ebd.: S. 40). Die Metapher wäre aufgrund der Tatsache, dass sie bereits im Sprachrepertoire von Lernenden zu sein scheint eine Überlegung wert, in das Unterrichtskonzept einzubauen, um damit den *unabsichtlichen* Transport des Pollens von Tieren hervorzuheben. Um die häufige Assoziation von Wind mit Samenausbreitung zu vermeiden, bietet es sich an, alltägliche Beispiele mit nahem Lebensbezug zu

verwenden, um damit „die Unterscheidung zwischen Bestäubung und Samenausbreitung ins Bewusstsein zu rufen“ (Lampert, Pany et al., 2018: S. 41). Im Unterrichtskonzept könnte diesbezüglich das Beispiel der Linde (*Tilia sp.*) herangezogen werden, die häufig als Stadtbaum kultiviert wird (vgl. ebd.: S. 41). Sie wird durch Insekten bestäubt und ihre Samen bzw. Früchte durch den Wind ausgebreitet (vgl. ebd.: S. 41). Dem ist hinzuzufügen, dass Schülerinnen und Schüler die auffälligen Flugfrüchte oft bereits schon kennen.

Viele Aussagen der Schülerinnen und Schüler machen eine klare Differenzierung zwischen Bestäubung und Befruchtung unmöglich. Es scheint, als würden die Lernenden zwar beide Begriffe kennen, diese jedoch nicht voneinander abgrenzen, sondern häufig sogar gleichsetzen (vgl. Wallach, 2020: S. 43–44). Zudem hat sich gezeigt, dass die Lernenden eine Verknüpfung zwischen Blüten bzw. Früchten und der sexuellen Fortpflanzung meist nicht herstellen (vgl. ebd.: S. 45). Aus diesem Grund werden im Unterrichtskonzept alle Abläufe von der Bestäubung bis zur abgeschlossenen Fruchtbildung am Beispiel der Kirsche schematisch dargestellt. Durch die eigenständige Formulierung von Sätzen zum jeweiligen Prozess (Bestäubung, Pollenschlauchwachstum, Befruchtung, Fruchtbildung) sollen die Lernenden den Zusammenhang der einzelnen Abläufe sowie die Verknüpfung zur sexuellen Fortpflanzung von Pflanzen verstehen.

Der Blüte wird im Hinblick der Anlockung von Tieren eine aktive Rolle zugesprochen, die eine beabsichtigte Anpassung implizieren würde (vgl. Wallach, 2020: S. 47). Das Bestäuber-Spiel setzt genau hier an, um diesen lamarckistischen Vorstellungen entgegenzuwirken. Interessant ist ebenfalls der Zusammenhang zwischen Blüte und Frucht. Demnach sind manche Lernende der Meinung, dass sich Blüten und Früchte unabhängig voneinander auf einer Pflanze befinden und Äpfel nicht aus Blüten entstehen (vgl. Wallach, 2020: S. 47; Quinte et al., 2016: S. 47).

Die Lebendigkeit des Pollens ist nur wenigen Lernenden bewusst, jedoch zeigte sich auch eine Erweiterung dieser Vorstellung auf, in der der Pollen als „unbelebte[r] Behälter für die lebendigen Spermien, die durch einen ‚Samenleiter‘ zur Eizelle wandern“ beschrieben werden (Wallach, 2020: S. 60). Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass der Samenleiter nicht mit dem Pollenschlauch gleichgesetzt, werden darf. Eine solche Verwechslung kann aufgrund des Erläuterns des Pollenschlauchwachstums durch die Lehrperson in Kombination mit einem Modell mit

relativ hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Im Vergleich zum „unbelebten Behälter“ (ebd.: S. 60) wird dem Samen von vielen Lernenden eine Lebendigkeit zugeschrieben, die vor allem auf der Fähigkeit zum Wachstum beruht (vgl. ebd.: S. 61–62). Begründet kann dies damit werden, dass der Keimprozess des Samens im Vergleich zur Pollenkeimung sichtbar ist (vgl. ebd.: S. 61–62). Das Unterrichtskonzept versucht diese Lebendigkeit zu verdeutlichen, indem die enorm schnelle Wachstumsgeschwindigkeit des Pollenschlauchs aus dem Pollenkorn heraus hervorgehoben wird.

Nachdem nun die wichtigsten Schülervorstellungen kurz dargestellt und deren Folgen für das Unterrichtskonzept erläutert wurden, soll auch dezidiert auf begriffliche Schwierigkeiten eingegangen werden, die besonders im Hinblick auf den Fokus auf Sprachsensibilität eine relevante Rolle spielen.

3.2.3 Begriffliche Schwierigkeiten

Für das Konzept der Fortpflanzung von Pflanzen ergibt sich für Lernende die häufigste Schwierigkeit aus undifferenzierten Ideen über Bestäubung und Diasporenausbreitung (vgl. Lampert, Pany et al., 2018: S. 21). Wallach (2020: S. 49) begründet diese Schwierigkeit vor allem als Resultat der Verwechslung von Samen und Pollen. Dabei verstehen 6 von 8 Lernenden in Wallachs (2020: S. 50) Interview den Samen als Teil der Blüte. Diese Vorstellung kann darauf zurückgeführt werden, dass Lernende den Begriff „Samen“ fälschlicherweise bereits aus dem Sexualkundeunterricht kennen könnten und deswegen mit der männlichen Geschlechtszelle gleichsetzen. Die Interferenz zwischen Alltags- und Fachsprache sticht hier besonders heraus, da im Kontext der menschlichen Fortpflanzung in der Alltagssprache häufig eine Gleichsetzung von „Samen“ und „Spermazellen“ vorgenommen wird (vgl. Lampert, Scheuch et al., 2018: S. 19). Ein weiterer Umstand, der sich aus der Verwechslung von Pollen und Samen ergibt, ist die Vorstellung, dass beide (Pollen *und* Samen) ausgebreitet werden (vgl. Wallach, 2020: S. 52–53). Der Grund für diese Gleichsetzung von „Samen“ mit den männlichen Geschlechtszellen liegt Lampert, Scheuch et al. (2018: S. 21, 42) zufolge in der fehlenden sprachlichen Verknüpfung von Pollen bzw. Spermazellen und Bestäubung.

Für das Synonym „Blütenstaub“ wäre die Verknüpfung mit „Bestäubung“ auch auf Deutsch umsetzbar, jedoch tritt hier das Problem auf, dass Staub stärker mit unbelebten Alltagssubstanzen konnotiert ist als das Fremdwort Pollen (Lampert, Pany et al., 2018: S. 42).

Aus diesem Grund sowie der Tatsache, dass der Fachbegriff „Pollen“ direkt an das Phänomen des Pollenschlauchwachstums anknüpft und alltagsweltlich im Begriff „Pollenallergie“ enthalten ist, wird im Unterrichtskonzept durchgehend der Terminus „Pollen“ verwendet (vgl. Lampert, Scheuch et al., 2018: S. 21).

Abgesehen davon zeigte Wallachs (2020) Arbeit Schwierigkeiten, die der Begriff „Kern“ mit sich bringt. Bei der Beschreibung des Aufbaus eines Apfels griffen mehrere Lernende auf diesen Terminus zurück, der einer umgangssprachlichen Bezeichnung entspricht. Auch die Gleichsetzung von „Samen“ und „Kern“ war in den Interviews präsent, was „auf die umgangssprachliche Bezeichnung von Karyopsen (=Früchte von Gräsern) als ‚Körner‘ bzw. ‚Getreidekörner‘ zurückgeführt werden [kann]“ (ebd.: S. 57).

Ein weiterer zu beachtender Punkt ist die synonyme Verwendung der Begriffe „Frucht“ und „Obst“, welche in weiterer Folge dazu führen kann, dass „nur der Samen [...] als separate Einheit mit der Bildung einer neuen Pflanze verbunden [wird]“ (Wallach, 2020: S. 75). Im Unterrichtskonzept werden daher konkrete Anschauungsobjekte für Samen und Früchte vorgelegt, um den Lernenden den Unterschied einerseits zwischen Frucht und Same, andererseits jedoch auch zwischen „Frucht“ und „Obst“ anschaulich zu machen.

3.3 Unterrichtskonzept

Bevor das Unterrichtskonzept in seinen Einzelheiten didaktisch erläutert werden kann, ist es notwendig zu begründen, wieso die Umsetzung (vor allem des Lernheftes) stark auf schriftlichen Aufgabenstellungen beruht. Es ist empfehlenswert, DaZ-Lernenden möglichst zahlreiche Schreibgelegenheiten zu offerieren, „um das gezielte Generieren und Abrufen von lexikalischen Einheiten zu trainieren, sodass sprachliches Wissen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden kann“ (Pinker-Fischer, 2017: S. 127). Schreiben fördert die Gedankenordnung, Verständnisprozesse und das kontextunabhängige Ausdrücken. Es ist besonders für DaZ-Lernende vorteilhaft, weil diese durch den langsameren Ablauf des Schreibens im Vergleich zum Sprechen mehr Zeit für die Ordnung und den logischen Zusammenhang ihrer Gedanken haben (vgl. Leisen, 2010: S. 156–158). Zudem intensiviert es die Auseinandersetzung mit dem Sachverhalt und fördert nachhaltiges Lernen (vgl. Barzel, Glade, Prediger & Schmidt, 2011: S. 36–37). Besonders für sprachlich

anspruchsvolle Handlungen wie *erklären* oder *Vermutungen aufstellen* eignen sich Schreibaufträge daher gut, weil die Lernenden dadurch mehr Zeit zum Nachdenken haben (vgl. Pineker-Fischer, 2017: S. 128).

Das bereits erläuterte Modell der didaktischen Rekonstruktion bildet den Forschungsrahmen dieser Masterarbeit und ermöglicht gleichzeitig einen Planungsrahmen für das nachfolgend dargestellte Unterrichtskonzept. Eine fachlich korrekte Wissensvermittlung kann nur dann gelingen, wenn die bereits vorhandenen Wissensstrukturen der Lernenden explizit in die Unterrichtsplanung und -gestaltung miteinbezogen werden. Hierfür ist es unabdingbar, dass die Lehrperson nicht nur über ein entsprechendes Fachwissen verfügt, sondern auch über die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler Bescheid weiß. Da eine individuelle Analyse von Schülervorstellungen im Rahmen des Unterrichts das zeitliche Ausmaß des hier vorgestellten Unterrichtskonzepts jedoch weit überschreiten würde, sind für die Konzeptentwicklung die bereits erwähnten Ergebnisse von Wallach (2020) und Lampert (2012) mitberücksichtigt worden.

Das gesamte Unterrichtskonzept widmet sich der Thematik „Fortpflanzung von Pflanzen“ und soll mit dem dazugehörigen Lernheft begleitend unterrichtet werden. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass im Folgenden immer explizit von der Fortpflanzung von Pflanzen gesprochen wird und nicht von der Vermehrung, was damit zu begründen ist, dass dadurch die „Konstruktion eines kohärenten Vorstellungsnetzes [...], in dem [...] Bestäubung und Befruchtung [...] vernetzt werden können“ (Mohamed, 2020: S. 51) gefördert wird.

Das Konzept besteht aus fünf Modulen, wobei das dritte Modul in drei Teilmodule aufgeteilt ist. Die einzelnen Module beschäftigen sich in chronologischer Reihenfolge mit dem Lebenszyklus von (zwittrigen) Blütenpflanzen. In die Erstellung des Unterrichtskonzepts wurden zur Förderung des Verständnisses sprachensible Methodenwerkzeuge u.a. nach Leisen (2013) eingebaut. Nachfolgend werden die Module

- 1.) Pflanzenverständnis
- 2.) Aufbau von Blütenpflanzen
- 3.) Sexuelle Fortpflanzung
 - 3.1) Bestäubung

- 3.2) Pollenschlauchwachstum und Befruchtung
- 3.3) Frucht- und Samenausbreitung
- 4) Asexuelle Fortpflanzung
- 5) Keimung

einzelnen in ihrer praktischen Durchführung besprochen (fach-)didaktisch erläutert.

3.3.1 Modul 1 – Pflanzenverständnis

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler können einzelne Vertreter den Gruppen „Baum“, „Strauch“, „Kraut“ und „Pflanze“ zuordnen.

Das erste Modul des Unterrichtskonzepts dient dem spielerischen Einstieg in die Thematik. Das Baum-Strauch-Kraut-Pflanze-Spiel entstammt der Idee von Jennifer Hochstöger (2021) und funktioniert nach dem Feuer-Wasser-Sturm-Prinzip. Dabei bewegen sich die Lernenden in Hör- und Sehweite der Lehrperson frei herum und reagieren auf die Signalwörter der Lehrperson. Je nachdem, welches Signalwort (Baum, Strauch, Kraut, Pflanze) die Lehrperson ruft, müssen die Lernenden so schnell wie möglich zu einem Vertreter im Park laufen und sich daneben stellen. Dieses Bewegungsspiel eignet sich gut zur kognitiven Aktivierung und der ersten Erkundung des Parkgeländes. Bezogen auf die Sprachaktivitäten nach Tajmel (2009: S. 150) wird hier das Hören in den Mittelpunkt gestellt.

3.3.2 Modul 2 – Aufbau von Blütenpflanzen

Lernziele: Die Schülerinnen und Schüler können die Blütenorgane einer Zwitterblüte benennen und erkennen. Sie kennen deren Funktionen und ihr Verhältnis zueinander. Zudem können die Schülerinnen und Schüler zwischen alltags- und fachsprachlichen Termini unterscheiden.

Da die Kenntnis der Blütenmorphologie für die späteren blütenökologischen Module essentiell ist (vgl. Lampert, 2012: S. 103), erklärt die Lehrperson im Plenum den Aufbau einer Zwitterblüte anhand einer schematischen Querschnittsabbildung (siehe Anhang). Die Schülerinnen und Schüler finden dieselbe Abbildung in ihrem Lernheft. Im Rahmen dieses Moduls wird ausdrücklich auf die Unterschiede zwischen Fach- und Alltagssprache hingewiesen, deren Unterscheidung Schülerinnen und Schülern häufig schwer fällt oder sogar völlig fremd ist. Die Lernenden sollen dabei die bildungs- und fachsprachlich dargestellten Abbildungen mit dem homonymen Begriffen verbinden. Die Aufgabe soll den Lernenden aufzeigen, dass in der

biologischen Fachsprache Wörter verwendet werden, die aus der Alltagssprache entlehnt werden und im fachlichen Kontext neu konnotiert werden. Das explizite Ansprechen dieser verschiedenen Sprachregister soll eine angemessene Unterstützung für den Registerwechsel sein und das sprachliche Phänomen von Homonymen im Kontext der Fach- und Alltagssprache aufzeigen (vgl. Gogolin et al., 2012: S. 8). Diese Aufgabenstellung bezieht sich außerdem auf die vom österreichischen Lehrplan für Biologie und Umweltkunde geforderte „Förderung der Sprachkompetenz im Bereich der Alltags- und Fachsprache“ (BMBWF, 2020a: S. 69).

In einem nächsten Schritt ist eine Fotojagd mit dem Handy geplant. Die Nutzung des Handys ist hier insofern didaktisch sinnvoll, als die Lernenden so (für gewöhnlich) alle die Möglichkeit haben, Fotos aufzunehmen und die Blüten dabei nicht von den Pflanzen abgerissen werden. Das Sammeln solcher Primärerfahrungen im Rahmen praktischen Arbeitens fördert nicht nur motivationale und affektive Lernkomponenten, sondern regt zugleich induktive als auch deduktive Kognitionen an (vgl. Mohamed, 2020: S. 123). Zudem ermöglicht es die Gelegenheit, später noch einmal auf die Aufnahmen zurückzugreifen. Der kompetitive Charakter, so viele verschiedene Blüten wie möglich zu fotografieren, soll zum aufmerksamen Durchstreifen des Pars motivieren. Die Aufgabe hat das Ziel, dem trägen Wissen aktiv entgegenzutreten, „indem zur Anwendung des Gelernten innerhalb ähnlicher oder neuartiger Kontexte motiviert wird (Stichwort: Lerntransfer)“ (Mohamed, 2020: S. 123).

Das Kärtchenspiel¹⁰ war ursprünglich als Wiederholung in Modul 3.1 geplant, wurde für die Beta-Version des Unterrichtskonzepts jedoch nachträglich in das Modul 2 verschoben. Das ist damit zu begründen, dass die dabei gebildeten Gruppen für den restlichen Ablauf beibehalten werden können und es an dieser Stelle als unmittelbare Wiederholung des Blütenaufbaus dient. Das Spiel dient dazu, die Fortpflanzung als Teil des Entwicklungszyklus von Pflanzen darzustellen. Bezugnehmend auf Mohameds (2020: S. 56) Empfehlung, werden die Teile einer Blüte

¹⁰ Das Kärtchenspiel soll den Zusammenhang zwischen Blüten-Bestandteil und Funktion verdeutlichen. Dafür erhalten die SuS Kärtchen, auf denen entweder der Bestandteil der Blüte gezeichnet ist, deren Benennung steht oder deren Funktion bei der Fortpflanzung beschrieben ist. Sie müssen sich dann in den jeweiligen Blütenbestandteilen als Gruppen zusammenfinden.

insofern nicht nur lediglich benannt, sondern im Zuge des Kärtchenspiels auch mit deren Funktion bei der Fortpflanzung verknüpft. Dabei handelt es sich um ein Methoden-Werkzeug von Leisen (2013: S. 269–273), wobei das Memory aufgrund der Gruppenzusammensetzung auf jeweils vier zusammengehörende Kärtchen erweitert wurde und die Lernenden aktiv ihre „Kärtchenpartner“ finden sollen. Um das Gelernte im Anschluss gleich an echten Anschauungsobjekten anzuwenden, erhält jede Gruppe eine blühende (eingetopfte) Erdbeerpflanze (*Fragaria*), anhand derer der Aufbau einer Zwitterblüte wiederholt werden soll. Die Schülerinnen und Schüler sollen in diesem Rahmen die Kelch-, Kron- und Staubblätter erkennen und zählen¹¹.

Die anschließenden Module sind prinzipiell so konzipiert, dass sie in Gruppen erarbeitet werden sollen. Dennoch sind Einzel- und/oder Partnerarbeiten je nach Rahmenbedingungen ebenfalls möglich. Die Gruppenarbeit wurde als vorwiegende Arbeitsform gewählt und empfohlen, weil dadurch der Sprechanteil der Schülerinnen und Schüler sowie die Sprachintensität erhöht werden (vgl. Heintze, 2009: S. 7; Lengyel, 2012: S. 158).

3.3.3 Modul 3 – Sexuelle Fortpflanzung

Dieses Modul besteht aus den Teilmodulen *Bestäubung*, *Pollenschlauchwachstum* und *Befruchtung* sowie *Frucht- und Samenausbreitung*, die nachfolgend einzeln didaktisiert werden.

3.3.4 Modul 3.1 – Bestäubung

Lernziele: Die Schülerinnen und Schüler kennen die Unterschiede zwischen Zoo-philie und Anemophilie und haben ein Verständnis für die co-evolutionäre Anpassung zwischen blütenmorphologischen Merkmalen und Bestäubern. Sie verstehen die Funktion des Pollens und wissen über die Zufälligkeit dessen Transports durch die Bestäuber Bescheid.

Das dritte Modul wurde absichtlich in drei Teil-Module gegliedert, um die einzelnen Schritte der sexuellen Fortpflanzung explizit behandeln zu können und dadurch ein besseres Verständnis für die klare Differenzierung der einzelnen Teilprozesse

¹¹ Anmerkung: Anstatt einer Erdbeerpflanze kann auch eine Lilie (*Lilium sp.*) als Anschauungsobjekt verwendet werden. Bei der Auswahl ist darauf zu achten, dass es sich um zwittrige, nicht reduzierte Blüten handelt, welche die Lernenden bestenfalls schon kennen (Stichwort: Lebensbezug).

(Bestäubung, Pollenschlauchwachstum, Befruchtung, Diasporenausbreitung) vermitteln zu können. Vor allem der Unterschied zwischen Bestäubung und Samenausbreitung, den Lernende oft verwechseln (vgl. Lampert, Pany et al., 2018: S. 41), soll dadurch hervorgehoben werden.

Als Einstieg in die Bestäubungsthematik haben die Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Aufgabe 5 fünf Sekunden Zeit, um so schnell wie möglich alle Blüten einzukreisen¹². Dadurch soll vermittelt werden, dass die bunten Blüten mehr Aufmerksamkeit auf sich lenken, als die unauffällig gefärbten Blütenstände der Gräser. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass hier und nachfolgend korrekterweise von „Blumen“ als funktionelle blütenökologische Einheit gesprochen werden müsste (einige der abgebildeten Blumen weisen einen Blütenstand auf, der aus zahlreichen Einzelblüten besteht). Da Schülerinnen und Schüler unter „Blumen“ allerdings etwas anderes verstehen, könnte durch die Bezeichnung „Blumen“ Verwirrung entstehen, weswegen aus didaktischen Überlegungen dieser Terminus lediglich in der Aufgabenbezeichnung, nicht aber in der Aufgabenbeschreibung verwendet wird.

Im Anschluss an die Aufgabe soll nun überlegt werden, wieso manche Blüten bunt gefärbt sind und andere nicht. Im Idealfall kommen die Lernenden durch diese Fragestellung selbstständig auf den Zusammenhang mit dem Bestäubungsprozess. Im Anschluss daran werden die Blütenmodelle mit Wasser befüllt und das Kurkumapulver auf die Staubbeutel auftragen. In einem nächsten Schritt erhält jede und jeder einen schwarzen Socken, der über die rechte Hand gestülpt werden soll, sowie eine Pipette (lang oder kurz), die ebenfalls mit der rechten Hand gehalten wird. Die Pipette soll die Funktion eines Saugrüssels übernehmen, während der Socken den Insektenkörper darstellt. Die Hände der Lernenden stellen dementsprechend verschiedene Bestäuber dar. Der festen Verankerung der Dominanz von Honigbienen als Bestäuber in Schülervorstellungen wird damit konfrontiert, dass den Lernenden ein Bestäuber aufgrund ihrer Pipettenlänge zugeteilt wird (lang=Schmetterling, kurz=Schwebefliege) (vgl. Lampert, Pany et al., 2018: S. 41). Hierbei wird bewusst auf die Biene verzichtet, da diese bereits einen dominanten Stellenwert in Schülervorstellungen zur Bestäubung einnimmt und so auch andere Insekten als mögliche Bestäuber vermittelt werden. Der Ablauf entspricht nun weitgehend dem

¹² Diese Aufgabe ist aus dem Forschungsheft von Jennifer Hochstöger (2021) übernommen.

Konzept von Lampert (2012: S. 106–109), wobei aufgrund von Covid-19 Anpassungen in Anlehnung an Janko & Dreesmann (2020) vorgenommen wurden (z. B. Socken und Pipetten). Die Blütenmodelle, welche sich in ihren Kronröhrenlängen unterscheiden, werden im näheren Umkreis verteilt aufgestellt. Die Lernenden sollen nun mit ihren Saugrüsseln auf Nektarsuche gehen und versuchen, mit ihren Pipetten den Nektar aus den Blüten zu saugen. In diesem Zusammenhang müssen sie selbst herausfinden, ob sie mit ihrer Pipette besser Nektar aus der langen oder kurzen Kronröhre aufnehmen können. Während die Schmetterlinge (=lange Pipette) Nektar beider Blütenmodelle sammeln können, gelingt dies den Fliegen (=kurze Pipette) nur bei denjenigen Blütenmodellen, die kurze Kronröhren aufweisen. Beim Versuch, die Flüssigkeit aus den Blütenmodellen zu saugen, kommen sie unfreiwillig und unbewusst mit den mit Kurkumapulver bestreuten Staubblättern in Berührung, wodurch der gelbe Pollen (=Kurkuma) an den schwarzen Socken haften bleibt. Anschließend sollen sie die Frage beantworten, ob sie die gelben Flecken auf ihren Socken absichtlich gemacht hätten und so zu der Erkenntnis gelangen, dass Blütenbesucher während ihrer Nahrungssuche unbewusst und zufällig Pollen von Blüte zu Blüte mittransportieren. Anschließend erklärt die Lehrperson anhand eines Blütenmodells die Bestäubung und weist darauf hin, dass Blüten nicht nur durch Tiere bestäubt werden können, sondern beispielsweise auch durch Wind¹³. Hierbei gilt es den Lernenden zu vermitteln, dass eine sexuelle Fortpflanzung nur dann erfolgreich sein kann, sofern die Übertragung des Pollens zwischen Blüten derselben Art erfolgt. Der Pollen kann in Bezug auf Wallach (2020: S. 40) auch als „blinder Passagier“ an den Bestäubern bezeichnet werden, da dadurch der *unbewusste* Transport hervorgehoben wird und sich diese Metapher bereits im Sprachrepertoire der Lernenden befindet. Zudem wird an dieser Stelle explizit der Begriff „Blütenstaub“ als Synonym für den „Pollen“ angesprochen. Es ist allerdings darauf Wert zu legen, dass die Schülerinnen und Schüler den Fachbegriff „Pollen“ anwenden, da „Blütenstaub“ stärker mit unbelebten Substanzen konnotiert ist (vgl. Lampert, Pany et al., 2018: S. 42). Da das richtige Verständnis des Fachterminus „Pollen“ für den weiteren Unterrichtsverlauf essentiell ist, geht die Lehrperson explizit auf den Wortkasten ein. Den Lernenden soll in diesem Zusammenhang die Eigenheit des sprachlichen Begriffs „Pollen“ vermittelt werden. Dabei handelt es

¹³ Auf weitere Bestäubungsmechanismen wird aus zeitlichen und lebensweltlichen Gründen nicht näher eingegangen

sich um ein Wort, welches zwar ausschließlich im Singular verwendet wird, jedoch die Gesamtheit aller Pollenkörner und damit eigentlich etwas Mehrzähliges darstellt. Hier eignet sich der Vergleich mit dem Wort „Sand“ sehr gut, um den Lernenden anhand eines lebensnahen Beispiels den Unterschied zwischen Pollen und Pollenkorn zu verdeutlichen (Sand – Sandkorn).

Anschließend sollen die Schülerinnen und Schüler noch einmal konkretisieren, was das Kurkumapulver darstellen sollte. Dadurch kann die Lehrperson mögliche Verständnisfehler erkennen und gegebenenfalls richtig stellen. Die Lernenden sollen zudem überlegen, ob es auch Tiere gibt, die an den Nektar der Blüte kommen, ohne sie dabei zu bestäuben. Sie werden dabei von der Lehrkraft durch eventuelle Hilfestellungen unterstützt. Schlussendlich beschreiben die SuS noch, wie die gelben Flecken auf ihre Socken gekommen sind und was das mit der Bestäubung zu tun haben könnte. Da diese Aufgabe aufgrund des sprachlichen Transfers anspruchsvoll ist, wird ein Wortgeländer vorgegeben. Dabei handelt es sich um ein Gerüst aus ungeordnet vorgegebenen Wörtern, die die Lernenden selbstständig in ihre Beschreibung einbauen sollen (vgl. Leisen, 2013: S. 269–273). Bei dieser Aufgabe steht demnach die Schreibkompetenz klar im Vordergrund.

3.3.5 Modul 3.2 – Pollenschlauchwachstum und Befruchtung

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler verstehen das Pollenschlauchwachstum als verbindenden Prozess zwischen Bestäubung und Befruchtung. Sie verstehen den zyklischen Zusammenhang der einzelnen Lebensstadien von Pflanzen und können diese beschreiben.

Um den Zusammenhang zwischen Bestäubung und Befruchtung besser vermitteln zu können, wird das Pollenschlauchwachstum explizit thematisiert. Dadurch wird vor allem die Lebendigkeit des Pollens hervorgehoben, die vielen Lernenden nicht bewusst ist (vgl. Wallach, 2020: S. 60). Die vorherige intensive Auseinandersetzung mit dem Terminus „Pollen“ ist essentiell für die darauffolgende Beschreibung des Pollenschlauchwachstums.

Die Lehrperson erklärt nun im Plenum anhand des Pollenschlauchmodells von Lukas Trnka (2020) den Prozess der Pollenkornkeimung, des Pollenschlauchwachstums und der nachfolgenden Befruchtung der Samenanlagen im Fruchtknoten. Durch die Verwendung dieses Modells werden Befruchtung und

Pollenschlauchwachstum visualisiert und dadurch leichter verständlich gemacht. Mithilfe der drei Pollenkörner mit verschiedenen langen Pollenschläuchen kann die Konkurrenz dieser veranschaulicht werden. Der Hinweis in Form einer Sprechblase entspricht Zusatzmaterial, welches auf die unglaubliche Geschwindigkeit des Pollenschlauchwachstums von bis zu über 1cm pro Stunde hinweist und ihm damit ein Merkmal des Lebens zuschreibt. Das Methoden-Werkzeug „Sprechblasen“ wurde von Leisen (2013: S. 269) übernommen, um die Vorstellung der Lebendigkeit des Pollenschlauchwachstums fachlich zu erleichtern.

Die Lernenden sollen nun im Anschluss die Aufgabe 7 im Lernheft bearbeiten, bei der sie das Pollenschlauchwachstum bis zur Befruchtung verschriftlichen sollen. Aufgrund der recht hohen Komplexität dieses Prozesses werden sie sprachlich mit einem Lückentext entlastet, bei dem gezielt Fachtermini eingesetzt werden sollen. Die Sätze sind bewusst kurz und ohne schwierige syntaktische Formulierungen verfasst, um das Verständnis zu fördern und eine kognitive Sprachüberlastung zu vermeiden.

Um den Prozess der Frucht- und Samenbildung besser verständlich zu machen, können noch einmal die Erdbeerpflanzen herangezogen werden. Meistens weisen diese unterschiedlich weit fortgeschrittene Stadien von der Blütephase bis hin zur Frucht- und Samenbildung auf. Diese bieten zudem einen sehr nahen Lebensbezug, da die Lernenden Erdbeeren bereits aus ihrem Alltag kennen.

Im Fokus der Aufgabe 8 steht die Vermittlung des Zusammenhangs der einzelnen Lebensstadien einer Pflanze. Die Abbildungen entstammen dem Schaffen von Jennifer Hochstöger (2021) und ermöglichen in ihrer Gesamtheit eine Visualisierung des sexuellen Fortpflanzungsprozesses von Pflanzen, die die Lernenden mithilfe eines vorgegebenen Wortgeländes verschriftlichen sollen. Dabei sollen sie zu jeder Abbildung einen vollständigen Satz formulieren. Das erste Bild zeigt den Pollentransport mit dem Ergebnis der unbewussten Ablage eines Pollenkorns auf der klebrigen Narbe durch ein bestäubendes Insekt. Darauffolgend sind das keimende Pollenkorn sowie das Pollenschlauchwachstum im Querschnitt zu sehen. Der nachfolgende Schritt visualisiert das Verwelken der Blütenorgane als Beginn der Frucht- bzw. Samenbildung. Die Abbildung wurde bewusst verdreht, um keine lernhinderlichen Vorstellungen bezüglich der abgebildeten Kirsche (Blütenstiel nach oben) zu fördern.

3.3.6 Modul 3.3 – Frucht- und Samenausbreitung

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler können die Begriffe „Same“ und „Frucht“ voneinander unterscheiden und verstehen die Funktion der Frucht als Ausbreitungseinheit. Sie wissen darüber Bescheid, dass die Fruchtbildung nicht nur der Ausbreitung in Form von Nahrungsaufnahme dient, sondern verschiedene Ausbreitungsvektoren in Frage kommen.

Das letzte Teilmodul zur sexuellen Fortpflanzung beschäftigt sich nun mit der Diasporenausbreitung. Die Schülerinnen und Schüler erhalten hierfür zu Beginn lediglich die Anweisung, 3 Minuten lang im Park nach Früchten und/oder Samen zu suchen und diese zu den Tischen zu bringen. Ihre Funde werden anschließend gemeinsam mit mitgebrachten Früchten wie Paprika, Äpfeln und den Nussfrüchten des Ahorns (*Acer sp.*) sowie der Linde (*Tilia sp.*) zusammengelegt. Sie sollen nun die Samen ausfindig machen, um ein Verständnis der Unterscheidung zwischen Same und Frucht zu entwickeln. Die Lehrperson fragt anschließend, ob jemand wüsste, wieso Früchte überhaupt gebildet werden. Da davon auszugehen ist, dass die Lernenden primär den Ernährungsfaktor (für Menschen) nennen, kann gezielt nachgefragt werden, was denn mit der Frucht passiert, nachdem sie beispielsweise von einem Tier gefressen wird. Auf diese Weise sollen die Schülerinnen und Schüler selbst erkennen, dass die Samen der Frucht wieder (an einer anderen Stelle) ausgeschieden werden und anschließend eine neue Pflanze daraus wachsen kann. In diesem Zusammenhang muss unbedingt darauf eingegangen werden, dass in der Alltagssprache häufig eine Gleichsetzung von „Samen“ und „Spermazellen“ vorgenommen wird, was insofern problematisch ist, als der Fachbegriff des Samens ausschließlich in der Botanik und nicht in der Humanbiologie Gebrauch findet, denn dort ist vom „Spermium“ die Rede (vgl. Lampert, Scheuch et al., 2018: S. 21). Dieser sprachliche Verweis findet sich auch im Lernheft in Form einer Wortbox am Rand wieder. Da sich bei Wallach (2020: S. 35–36) gezeigt hat, dass Lernende häufig Früchte mit Obst gleichsetzen und diesen primär eine Ernährungsfunktion zusprechen, werden explizit verschiedene Arten von Früchten vorgestellt. Unter anderem auch die Balgfrüchte des Ahorns (*Acer sp.*) sowie die Nussfrüchte der Linde (*Tilia sp.*). Auf die Linde wird insofern dezidiert eingegangen, als sie ein gutes Beispiel für eine insektenbestäubte Pflanze ist, deren Samen allerdings durch den Wind ausgebreitet werden (vgl. Lampert, Pany et al., 2018: S. 41). Die Lehrkraft klärt darüber auf, dass es neben Tieren noch andere Ausbreitungsvektoren gibt,

welche die Lernenden selbst anhand der Früchte erproben können. Sie sollen nun anhand der Anschauungsobjekte den Unterschied zwischen Same und Frucht erkennen und feststellen, worum es sich bei ihren eigenen Funden handelt und wie diese ausgebreitet werden. Ihre Feststellungen sollen sie in ihrem Lernheft festhalten.

3.3.7 Modul 4 – Asexuelle Fortpflanzung

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler kennen verschiedene Möglichkeiten der asexuellen Fortpflanzung von Pflanzen und sind sich darüber bewusst, dass es auch Pflanzen gibt, die sich sowohl asexuell als auch sexuell fortpflanzen. Sie können Vermutungen aufstellen, in denen sie begründen, weshalb aus bestimmten Pflanzen(teilen) eine neue Pflanze wachsen kann oder nicht.

Die Lehrperson klärt die Lernenden im Plenum über die Funktionsweise und den Prozess der asexuellen Fortpflanzung auf und betont dabei das Prinzip der Klonierung. Die Wortbox am Rand enthält wichtige Schlüsselbegriffe, die für dieses Modul essentiell sind und den Lernenden als sprachliche Hilfestellung dienen. In diesem Kontext geht die Lehrperson näher auf Ausläufer und Absenker als asexuelle Fortpflanzungsmöglichkeiten ein. Die Lernenden sollen noch an dieser Stelle konkret überlegen, ob Pflanzen für die asexuelle Fortpflanzung Blüten bräuchten. Auch diese Frage dient der Lehrperson wieder als Erhebung darüber, ob die Lernenden die biologische Funktion der Blüte verstanden haben. Anschließend sollen die Schülerinnen und Schüler in ihren Gruppen gemeinsam überlegen, ob es Pflanzen gibt, die sich sowohl asexuell als auch sexuell fortpflanzen können. Als Hinweis wird auf die Abbildung der Erdbeere im Lernheft hingewiesen. Nachdem die Lernenden ihre Überlegungen abgeschlossen haben, löst die Lehrperson die Frage und verweist in diesem Zusammenhang noch einmal auf die Erdbeere als Pflanze, die sich einerseits sexuell über die Blüten, andererseits jedoch auch asexuell über die Bildung von Stolonen fortpflanzen kann. Im Anschluss daran beschäftigen sich die Lernenden im Rahmen der Aufgabe 11 praktisch mit der asexuellen Fortpflanzung bei Pflanzen. Sie sollen dazu im Park gezielt nach ein bis zwei Pflanzen bzw. Pflanzenteilen suchen, von denen sie denken, dass sich diese Pflanzen(teile) asexuell fortpflanzen könnten. Indem sie Vermutungen aufstellen, wird den Schülerinnen und Schülern die wissenschaftliche Arbeitsweise des Hypothesenformulierens nähergebracht. Der Operator *Vermutungen aufstellen* fördert zudem biologische

Denkweisen und erfordert das Formulieren von Kausalsätzen. Zur Förderung dieser grammatikalischen Haupt- und Gliedsatzkonstruktion ist das Methoden-Werkzeug *Satzmuster* von Leisen (2013: 269–273) herangezogen worden. Es gibt einen Teil des Satzes so vor, dass die Schülerinnen und Schüler zwar grammatikalisch entlastet werden, jedoch inhaltlich und fachlich dennoch dazu angehalten sind, sinnvolle Vermutungen aufzustellen. Diese sprachliche Entlastung hat zum Ziel, mehr Kapazitäten für die kognitiv fachliche Überlegung freizulassen.

Die Aufgabe 12 ist prinzipiell als „Zeitpuffer“ vorgesehen. Für leistungsstarke Klassen bzw. Gruppen kann die Überlegung von Vor- und Nachteilen der sexuellen und asexuellen Fortpflanzung als Forderangebot angesehen werden. Für leistungsschwächere Klassen bietet es sich an, diese Aufgabe zu überspringen oder gemeinsam im Plenum zu machen. Das Eintragen in die Tabelle soll den Umgang mit dieser Darstellungsform fördern und die fachliche Komplexität übersichtlich darstellen, wodurch ein gewisser Grad an Verständnis erreicht werden soll (vgl. Leisen, 2013: S. 258). Nach dieser Aufgabe ist die Rückkehr zur Schule geplant, da das Modul zur Keimung aus organisatorischen Gründen besser am Schulstandort durchzuführen ist.

3.3.8 Modul 5 – Keimung

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler verstehen den zyklischen Zusammenhang der pflanzlichen Lebensstadien.

Das letzte Modul beschäftigt sich mit der Keimung und ist aufgrund der Durchführung eines Versuchs nicht für den außerschulischen Unterricht vorgesehen. Einführend wird kurz der Aufbau eines Samens durch die Lehrkraft erklärt, um anschließend den Prozess der Keimung besser nachvollziehen zu können. An dieser Stelle gibt es ansonsten relativ wenig thematischen Input, um die Schülerinnen und Schüler selbstständig nachdenken zu lassen. In einer ersten Aufgabe (13) soll das Verb „keimen“ in eigenen Worten beschrieben werden. Die Aufgabe dient einerseits zur Festigung der Bedeutung dieses Verbs und gleichzeitig für die Lehrperson als Erhebung über eventuelle Schülervorstellungen zum Keimvorgang. Die Wortbox am Rand hilft den Lernenden, sprachliche Fachbegriffe zu festigen und dient zugleich als Lernhilfe für die Beschreibung des Verbs „keimen“.

Die darauffolgende Aufgabe zielt in Anlehnung auf Quinte et al. (2016) und Benkowitz & Lehnert (2010) auf die Verknüpfung des bisher Gelernten ab, indem verschiedene Stadien des Lebenszyklus einer Erbsenpflanze anhand von Bildern in der richtigen Reihenfolge durchnummeriert werden sollen. Diese Zuordnungsaufgabe scheint auf den ersten Blick zwar primitiv zu sein, allerdings müssen die Lernenden hierfür Verknüpfungen herstellen können und anhand bildlicher Darstellungsformen Merkmale erkennen können, die ihnen Aufschluss über die jeweiligen Lebensstadien der Pflanze geben. Im Idealfall entsteht dabei ein Gespräch innerhalb der Gruppen, indem das bereits Gelernte verknüpft und wiederholt wird. Für die Lehrperson dient diese Aufgabe zur Überprüfung, ob die Schülerinnen und Schüler das bereits Gelernte verinnerlicht haben und praktisch anwenden können.

Um das Unterrichtskonzept praktisch abzuschließen, wird ein Versuch zur Keimung durchgeführt. Dabei sollen die Lernenden in Gruppen selbstständig arbeiten. Die Lehrkraft steht hier im Hintergrund und beobachtet lediglich bei der Durchführung des Versuches und übernimmt lediglich die Organisation (Erklärung des Versuchs, Austeilen der Materialien). Die Förderung eigenständigen Arbeitens steht hier deutlich im Vordergrund, wodurch naturwissenschaftliche Kompetenzen (vor allem das Experimentieren) eingeübt werden.

Bei der Versuchsbeschreibung finden sich vor allem Passiv-Formulierungen, die wie bereits erwähnt ein Merkmal der (natur)wissenschaftlichen Fachsprache sind. Es wurde hierbei auf eine einheitliche Formulierung im Passiv geachtet, um für die Schülerinnen und Schülern dieses sprachliche Merkmal hervorzuheben. Nach der eigenständigen Durchführung, bei der sich die Arbeit idealerweise innerhalb der Gruppe aufgeteilt wird, sollen die Lernenden wieder Vermutungen aufstellen, was nun mit dem eingepflanzten Samen passieren würde. Ihre Vermutung sollen sie auch hier wieder begründen, um das Formulieren von Kausalsätzen (Hauptsatz-Gliedsatz-Konstruktion) einzuüben. Anschließend sollen die Gruppen ihre Beobachtungen eine Woche lang schriftlich festhalten, indem sie Datum und mögliche Veränderungen in die Tabelle eintragen. Die Darstellungsform der Tabelle hat den Sinn und Zweck, dass sich die Schülerinnen und Schüler auf konkrete, aussagekräftige Kurz-Beschreibungen begrenzen müssen, die sie in übersichtlicher Weise in die Tabelle eintragen und somit ihre Beobachtungen sprachlich komprimieren. Außerdem soll auf eine objektive Formulierung geachtet werden, die keine

Meinungsäußerungen enthält, sondern lediglich Beobachtungen. Dieses Beobachten und Datensammeln trägt maßgeblich zur Förderung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen bei und überträgt den Lernenden gleichzeitig Verantwortung, da sie für das regelmäßige Gießen der Samen zuständig sind. Mit den erhobenen Daten kann in einer anschließenden Biologieunterrichtsstunde weitergearbeitet werden – diese ist allerdings aus zeitlichen Gründen nicht mehr Teil des Unterrichtskonzepts.

4 INTERVENTIONSSTUDIE

Für die Beantwortung der Forschungsfrage wurde ein experimentelles Setting in Form einer Interventionsstudie im Zeitraum Mai bis Juni 2021 durchgeführt. Bevor der genaue Ablauf der Datenerhebung und -auswertung erläutert werden kann, müssen vorab die Rahmenbedingungen geklärt werden.

4.1 Rahmenbedingungen

Die nachfolgenden Unterkapitel zeigen die Rahmenbedingungen in Bezug auf die durchgeführte Interventionsstudie auf. Dazu zählt neben der kurzen Beschreibung der Schule, der Stichprobe sowie dem ausgewählten Park als außerschulischem Lernort auch das Aufzeigen von Maßnahmen zur Kontrolle von Störvariablen im Studiensetting.

4.1.1 Schule

Die MS Leibnizgasse ist eine Neue Mittelschule im 10. Wiener Gemeindebezirk mit wirtschaftlich-mathematischem Schwerpunkt. Sie beherbergt 19 Klassen (darunter vier sogenannte „Integrationsklassen¹⁴“), die von circa 50 Lehrpersonen unterrichtet werden. Der Biologieunterricht umfasst in der 1. Klasse (5. Schulstufe) und 4. Klasse (8. Schulstufe) jeweils zwei Wochenstunden; In der 2. Klasse (6. Schulstufe) und 3. Klasse (7. Schulstufe) lediglich eine Wochenstunde.

4.1.2 Stichprobe

An der Interventionsstudie haben im Zeitraum Mai bis Juni 2021 44 Schülerinnen und Schüler einer 3. Klasse (7. Schulstufe) teilgenommen. Alle Probanden und Probandinnen besuchen eine 3. Klasse der oben bereits erwähnten Schule und haben mich als Biologie-Lehrerin. Die Dropoutquote wurde mit rund 23% ermittelt und erfolgte für 18% davon unsystematisch aufgrund von krankheitsbedingter Abwesenheit der Lernenden während zumindest einer der drei Datenerhebungen, sowie für 5% davon systematisch aufgrund ungültiger Fragebögen¹⁵. Nach Abzug dieser Dropoutquote wurden schlussendlich n=34 für die Analyse berücksichtigt.

¹⁴ In Integrationsklassen werden Lernende mit und ohne sonderpädagogischem Förderbedarf (SPF) gemeinsam unterrichtet.

¹⁵ Die Ungültigkeit dieser Fragebögen ist mit der Annahme zum willkürlichen Ausfüllen des Fragebogens bei einer/m Teilnehmer/in und aufgrund des Fehlens einer Identifikationsnummer bei einem weiteren Fragebogen zu begründen.

Das Durchschnittsalter der beiden Gruppen lag bei 13 Jahren. Die Kontrollgruppe (KG) setzte sich aus $n_{KG}=17$ (wobei $n_{KG\text{weibl.}}=9$ und $n_{KG\text{männl.}}=8$) zusammen, die Versuchsgruppe (VG) aus $n_{VG}=17$ (wobei $n_{VG\text{weibl.}}=9$ und $n_{VG\text{männl.}}=8$). Alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen gaben an, zuhause neben Deutsch noch mindestens eine andere Sprache zu sprechen.

4.1.3 Auswahl des außerschulischen Lernortes: Alfred Böhm Park (1100 Wien)

Bei der Auswahl des außerschulischen Lernortes wurde darauf geachtet, dass sich der Park in unmittelbarer Gehweite der Schule befindet und eine möglichst übersichtliche, große Grünfläche hat. Nach diesen Kriterien wurde der Alfred Böhm Park ausgewählt, der sich 15 Gehminuten entfernt vom Schulstandort befindet. Zwar gibt es in kürzerer Distanz der Schule auch den Antonspark, allerdings kam eine Durchführung aufgrund der räumlichen Anordnung und der großflächigen Asphaltierung in diesem Park nicht infrage. Der Alfred Böhm Park befindet sich im 10. Wiener Gemeindebezirk in der Mitte des Eisenstadtplatzes in der Nähe der U-Bahnstation Troststraße. Auf über 2500m² bietet er neben einem Spielplatz auch einen Trinkbrunnen, sowie große, bepflanzte Grünflächen. Der gesamte Park ist eingezäunt und hat in der Mitte fünf Parkbänke sowie zwei Tische, was für die organisatorische Durchführung ein Vorzug war. Während eines Lokalausgangs Anfang Mai konnten unter anderem folgende Pflanzenarten bestimmt werden: *Kolkwitzia amabilis*, *Forsythia suspensa*, *Acer platanoides*, *Taraxacum officinale*, *Bellis perennis*, *Lonicera tatarica*, *Tilia cordata*, *Crataegus monogyna*, *Aesculus hippocastanum*, *Viburnum lantana* und *Syringa vulgaris*.

4.1.4 Variablenkontrollstrategie

Da im Rahmen der hier durchgeführten Forschungsstudie untersucht werden soll, ob das außerschulische Lernen in einem städtischen Park Einfluss auf den Wissenszuwachs der Lernenden hat, müssen die Prinzipien der sogenannten Variablenkontrollstrategie beachtet werden. Dementsprechend müssen die Rahmenbedingungen beider Gruppen gleich gehalten werden, um einen direkten Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe gewährleisten zu können.

Die Variablenkontrollstrategie dient der empirischen Überprüfung von Ursache-Wirkungsbeziehungen durch gezielte Parametervariation (kontrolliertes Experiment) und ist somit das grundlegende Prinzip der experimentellen Erkenntnisgenerierung (Laufs & Kempert, 2021: S. 34 nach Chen & Klahr, 1999).

Bei der Umsetzung einer Forschung in experimentellem Setting wie im Fall der hier durchgeführten Interventionsstudie ist der Variablenkontrollstrategie zufolge zu gewährleisten, dass zwischen den Stichproben nur *eine* Variable variiert und die restlichen Variablen konstant gehalten werden. Man unterscheidet dabei zwischen der abhängigen Variable (Lernerfolg; durch Fragebogenergebnis ermittelt), die in ihrer Ausprägung variieren muss, und der unabhängigen Variable.

Die interne Validität kann durch zahlreiche Störfaktoren bzw. Störvariablen beeinträchtigt werden (=Konfundierung), weswegen Maßnahmen zur Kontrolle möglicher Störvariablen gesetzt werden müssen. Das Ziel dieser Kontrolle ist es, möglichst identischen Bedingungen zwischen der Versuchsgruppe (VG) und der Kontrollgruppe (KG) sicherzustellen. Renner, Heydasch & Ströhlein (2012: S. 83–88) unterscheiden hinsichtlich der Störvariablen *Versuchspersonen-Merkmale*, *Versuchsleiter-Merkmale* und *situationsbezogene Störvariablen*. Auf diese wird nachfolgend in Bezug auf die hier durchgeführte Interventionsstudie näher eingegangen.

Versuchspersonen-Merkmale: An einer Interventionsstudie teilnehmende Versuchspersonen können sich hinsichtlich ihres Alters, Geschlechts, Bildungsstands und anderer soziodemografischer Merkmale unterscheiden. Die Kontrolle der meisten dieser Störvariablen wird dadurch gewährleistet, dass zwei Klassen derselben Jahrgangsstufe derselben Schule teilnehmen. Dementsprechend weisen die Probandinnen und Probanden auch das gleiche Alter und eine mehr oder weniger ausgewogene Geschlechterquote auf. Nicht berücksichtigt werden können diesbezüglich individuelle Interessen, die einen überdurchschnittlichen biologischen Wissensbestand begründen würden. Demnach kann es vorkommen, dass in der Untersuchung der Auswirkungen der Intervention (außerschulischer Unterricht) auf den Lernerfolg in der Versuchsgruppe (VG) im Vorfeld bereits intelligentere, leistungstärkere Lernende vertreten sind als in der Kontrollgruppe (KG), die nicht außerschulisch unterrichtet wird. Um einen solchen Störfaktor kontrollieren zu können, werden die Fragebögen so nummeriert, dass individuelle Leistungsunterschiede auf Basis der Ergebnisse der einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmer ermittelt werden können¹⁶ (vgl. Renner et al., 2012: S. 83–85).

¹⁶ Eine sehr übliche Methode zur Störvariablen-Kontrolle ist die Randomisierung, also „die zufällige Zuweisung der Probanden zu den Stufen der unabhängigen Variable“, durch die sich bekannte und bislang unbekannte Störvariablen über beide Gruppen (VG & KG) verteilen (Renner, 2012: S. 82). Aufgrund der Covid19-

Versuchsleiter-Merkmale: Beide Klassen (VG & KG) haben seit Beginn des Schuljahres (September 2020) dieselbe Biologie-Lehrkraft, weswegen davon auszugehen ist, dass das Geschlecht der Versuchsleitung in diesem Fall keinen relevanten Einfluss hat. Wesentlich ist allerdings der sogenannte *Versuchsleitereffekt*, der besonders in diesem Fall auftreten kann, da die Versuchsleiterin die Wirksamkeit einer Intervention überprüfen möchte, die sie selbst entwickelt hat. Doppelblindversuche als Maßnahme zur Kontrolle dieses Effekts können allerdings aus personellen Gründen nicht durchgeführt werden (vgl. Renner et al., 2012: S. 85–86).

Situationsbezogene Störvariablen: In Hinsicht auf die hier gegebene experimentelle Untersuchungssituation können vor allem situationsbezogene Störvariablen wie Tageszeit, Versuchsmaterial und Durchführung des Unterrichtskonzepts Einfluss auf das Ergebnis haben. Die Tageszeit ist in beiden Untersuchungssettings identisch von 8:00 bis 12:00 gewählt. Das Versuchsmaterial unterscheidet sich dahingehend, dass im Park (VG) selbst nach Material gesucht wird und im Klassenraum (KG) das Material von der Lehrperson zur Verfügung gestellt wird. Da die Bedingungen in Park und Klassenraum selbstverständlich nicht identisch sind, wird im schulischen Unterricht ebenfalls mit echtem Anschauungsmaterial gearbeitet. Die Konstanzhaltung hinsichtlich der Durchführung wird dadurch erreicht, dass das Unterrichtskonzept im Park sowie auch im Klassenraum im gleichen zeitlichen Rahmen stattfindet und auch die Pausen so gewählt werden, dass die einzelnen Module gleich lang sind. Im Park ergibt sich die Möglichkeit von Störvariablen in Form von Lärm oder Ablenkung durch andere Parkbesucher, die jedoch nur dahingehend eliminiert werden können, als ein ungestörter Platz im Park gewählt wird. Ein weiterer wesentlicher Faktor liegt im Wetter, welches allerdings jedoch nur insofern beeinflussbar ist, als ein Tag mit guter Wettervorhersage (kein Regen) für die Durchführung gewählt wird (vgl. Renner et al., 2012: S. 87).

4.2 Fragebogen

Um den Einfluss der Variable *Lernort* auf den Wissenszuwachs messen zu können, wurde als Messinstrument der Fragebogen ausgewählt und deskriptiv ausgewertet. Für die Erhebung des Wissenszuwachs wurde ein Fragebogen erstellt, dessen Items eigens auf das im Unterrichtskonzept vermittelte Fachwissen ausgerichtet

Situation ist eine solche Randomisierung jedoch nicht möglich, da Schulklassen nicht miteinander vermischt werden dürfen.

sind. Die darin enthaltenen 24 Items teilen sich auf in 15 Multiple-Choice-Fragen sowie 9 Richtig-Falsch-Aussagen. Bei den Multiple-Choice-Items standen den Probanden und Probandinnen jeweils vier Antwortmöglichkeiten zu Verfügung, von denen immer die Richtigen angekreuzt werden sollten. Zusätzlich dazu wurden persönliche Daten (Geschlecht, Alter und zuhause gesprochene Sprachen) erhoben. Vor der Durchführung des Fragebogens haben alle Schülerinnen und Schüler nach Zufallsprinzip eine Zahl gezogen, die sie auf den Fragebogen und in ihr Mitteilungsheft schreiben sollten. Diese Zahl dient dazu, dass im Nachhinein die Fragebögen anonymisiert miteinander verglichen werden können. Zu Beginn des Fragebogens wurden die Schülerinnen und Schüler darauf hingewiesen, dass alle Antworten vertraulich behandelt werden und die Studie samt Fragebogen in keiner Weise in die Schul- oder Verhaltensnote miteinbezogen werden würden. Für die Bearbeitung des Fragebogens standen 15 Minuten zur Verfügung, um gewährleisten zu können, dass die Lernenden genug Zeit haben, sich alle Items durchzulesen.

Die Instruktionen auf der ersten Seite des Fragebogens wurden von mir persönlich vorgelesen, um Effekte des Leseverständnisses bestmöglich zu reduzieren. Außerdem wurde auf die große Relevanz des gewissenhaften Ausfüllens des Fragebogens hingewiesen. Die Probanden und Probandinnen wurden dementsprechend gebeten jedes Item zu lesen und nur das anzukreuzen, was sie auch wirklich denken würden.

4.3 Datenerhebung und –auswertung

Für die Beantwortung der Forschungsfrage wurde eine experimentelle Untersuchung in Form einer Interventionsstudie ($n=34$) durchgeführt. Deren Ablauf gliederte sich in drei chronologische Phasen, die in Abbildung 11 grafisch dargestellt werden.

Pre-Phase: Zwei Wochen vor der Durchführung der Intervention bzw. Nicht-Intervention füllten die Lernenden einen Fachwissen-Fragebogen aus, der später die Basis für den Datenvergleich darstellte.

Intervention und Post-Phase: Die Interventionsstudie wurde während der regulären Unterrichtszeit durchgeführt. In der Versuchsphase erhielt eine Klasse (=Versuchsgruppe) die Intervention im Rahmen außerschulischen Unterrichts im Alfred Böhm Park. Eine weitere Klasse (=Kontrollgruppe) erhielt am darauffolgenden Tag mit

demselben Material Unterricht am Schulstandort (schulisches Lernen). Der Ablauf erstreckte sich für beide Gruppen (KG & VG) über vier Unterrichtseinheiten zu je 50 Minuten (Pausen nicht miteinberechnet). Da die Durchführung von mir persönlich vorgenommen wurde, mussten beide Gruppen an aufeinanderfolgenden Tagen unterrichtet werden. Die Versuchsgruppe erhielt die Intervention am Mittwoch, den 26. Mai 2021 während die Kontrollgruppe am darauffolgenden Tag (Donnerstag, den 27. Mai 2021) dieselbe Thematik im Rahmen einer 4-stündigen Biologieunterrichtseinheit im Klassenraum vermittelt bekommen hat. Direkt im Anschluss an die Intervention bzw. Nicht-Intervention füllten beide Gruppen (VG & KG) denselben Fragebogen wie auch in der Pre-Phase aus.

Follow-Up-Phase: Die letzte Phase wurde vier Wochen nach der Intervention bzw. Nicht-Intervention von beiden Gruppen (VG & KG) durchgeführt und fragte ein letztes Mal mit demselben Fragebogen Fachwissen ab, um auch gegebenenfalls längerfristige Effekte der Leistungsänderung messen zu können.

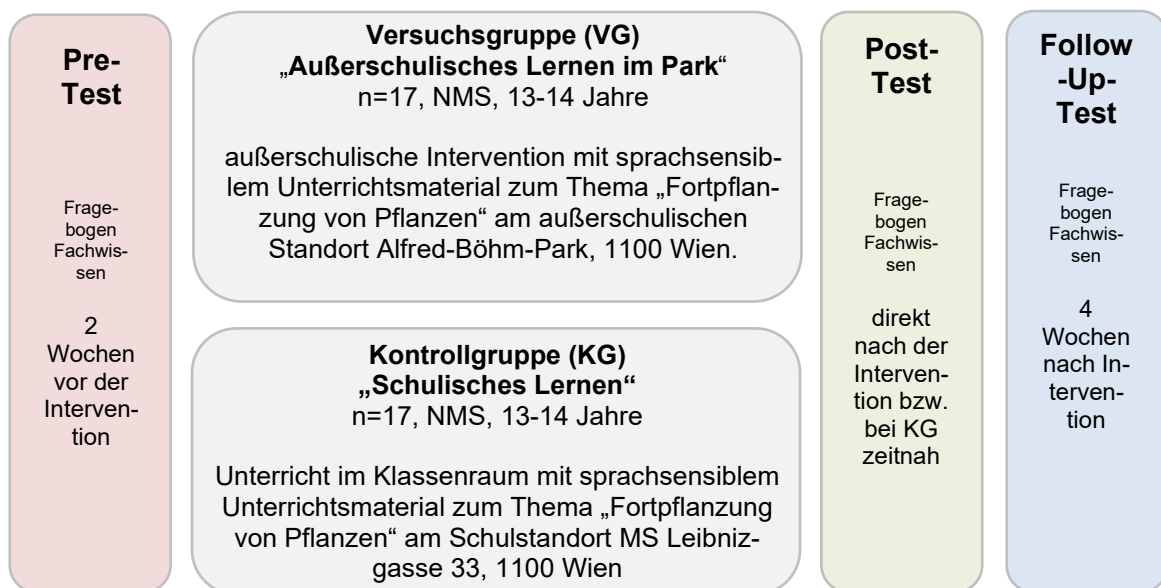


Abb.: 11 Schematischer Ablauf der Interventionsstudie: Die Durchführung ergibt sich aus drei Phasen (Pre, Post und Follow-Up). Im Rahmen jeder Phase war ein Fachwissen-Fragebogen auszufüllen, um einen Effekt in Bezug auf kurz- sowie längerfristige Leistungsänderungen messen zu können.

Die Auswertung der erhobenen Daten fand im Anschluss an die Follow-Up-Phase im Juni und Juli 2021 statt. Sie teilt sich in zwei Aspekte: eine quantitative Auswertung sowie eine qualitative Auswertung. Für erstere wurde ein Bewertungssystem entworfen, anhand dessen Leistungsänderungen operationalisiert werden konnten. Die Bewertung ergab sich aus einer Punkteskala von je einem Punkt pro Frage, woraus sich eine Gesamtzahl an 24 zu erreichenden Punkten für den gesamten

Fragebogen ergab. Die Bewertung der Antworten wurde händisch in einem zweistufigen Prozedere durchgeführt, wobei alle Fragebögen einer doppelten Kontrolle im zeitlichen Abstand von zwei Tagen unterliefen. Für die quantitative Auswertung wurden die Items einzeln betrachtet, um die Wissensgenerierung bzw. -änderung zwischen den einzelnen Messzeitpunkten nachvollziehen zu können. Es ist zu erwähnen, dass alle Fragebögen der Probandinnen und Probanden, die an allen drei Erhebungsphasen teilgenommen haben, eindeutig ausgefüllt wurden und somit für die Datenauswertung berücksichtigt werden konnten. Aus der Stichprobenzahl von $n=34$ ergab sich daher eine Gesamtfragebogenanzahl von 102. Nachfolgend wird nun das Bewertungssystem für die quantitative Analyse erläutert, um die Operationalisierung nachvollziehen zu können:

Fragen, die gänzlich richtig beantwortet wurden (richtig-falsch oder korrekte Multiple-Choice-Antworten), wurden mit einem Punkt bewertet. Im Umkehrschluss dazu wurden Fragen, die gänzlich falsch beantwortet wurden mit einem Punktwert von Null versehen. Unbeantwortete Fragen erhielten keinen Wert, um eine Differenzierung zwischen falsch beantworteten und unbeantworteten Fragen zu ermöglichen. Für Fragen, die nur mit richtig oder falsch zu beantworten waren, ergibt sich daher eine Punkteanzahl von 1 oder 0. Die Multiple-Choice-Fragen (MC) ermöglichten hingegen eine Bewertung mit Teilpunkten, welche sich wie folgt zusammensetzen: In Abhängigkeit der Anzahl an richtigen Antworten, wurde der Gesamtpunktwert der Frage für die einzelnen (richtigen) Antworten ermittelt. Daraus ergab sich (je nach Frage) ein Teilpunktwert von 0,25 Punkten/korrektur Antwort bei insgesamt vier korrekten Antworten, ein Teilpunktwert von 0,33 Punkten/korrektur Antwort bei insgesamt drei korrekten Antworten, sowie einem Teilpunktwert von 0,5 Punkten/korrektur Antwort bei insgesamt zwei korrekten Antworten. Für falsch angekreuzte Antworten wurden dementsprechend Teilpunkte mit demselben Wert der richtigen Antworten von der Gesamtpunkteanzahl der jeweiligen Frage abgezogen. Das Erreichen einer negativen Punktezahl wurde jedoch ausgeschlossen, um eine Verzerrung der Daten in den negativen Bereich im Rahmen der darauffolgenden Mittelwertberechnungen zu vermeiden.

Die Ergebnisse wurden in Form der erreichten Punkteanzahl für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer einzeln in eine Excel-Tabelle übertragen, um Berechnungen durchführen zu können. Die digitalisierten Einzelwerte sind in tabellarischer Form

im Anhang angeführt. Die personenbezogenen Daten aus dem Fragebogen (*Alter, Geschlecht*) werden mithilfe einer Nominalskala geordnet, um Gleichheit bzw. Ungleichheit abbilden zu können. Da die Erhebungsphase über mehrere Wochen dauerte, wird für das Alter die Angabe zum Zeitpunkt der Pre-Phase herangezogen. Im nachfolgenden Kapitel werden nun diese ausgewerteten Ergebnisse grafisch dargestellt, analysiert sowie interpretiert.

Die Auswertung der erhobenen Daten sowie die Erstellung der nachfolgenden Grafiken wurden mithilfe von *Microsoft Office Excel* durchgeführt. Die Datenanalyse erfolgte deskriptiv, die 24 Items wurden mithilfe von Summen-, Mittelwert- sowie Häufigkeitsberechnungen ausgewertet.

Eine aussagekräftige Datenanalyse verlangt die Bestimmung einer Nullhypothese, weswegen in Anlehnung an die im Rahmen dieser Arbeit definierte Hypothese¹⁷ folgende Nullhypothese formuliert wird:

Außerschulisches Lernen im Alfred-Böhm-Park hat im Vergleich zu schulischem Unterricht keinen signifikanten Einfluss auf den Wissensszuwachs von Schülerinnen und Schülern.

Für die Berechnungen werden in erster Linie die Gesamtpunktedifferenzen der einzelnen Probandinnen und Probanden zwischen der Pre- und Posterhebung sowie zwischen der Pre- und Follow-Up-Erhebung herangezogen. Die Vorgehensweise der Berechnung von Punktedifferenzen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zeitpunkten ist damit zu begründen, dass für die Forschungsfrage nicht nur die Einzelergebnisse der Erhebungen relevant sind, sondern auch der Leistungszuwachs in Form der Differenz zweier Punktergebnisse ermittelt werden soll.

Die Berechnung von Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Gesamtpunktezahlen zwischen Pre- und Post- sowie Pre- und Follow-Up-Erhebung für Versuchs- und Kontrollgruppe, gab eindeutig Aufschluss darüber, dass die erhobenen Daten weder zwischen Pre- und Postphase, noch zwischen Pre- und Follow-Up-Phase eine Normalverteilung aufweisen. Dementsprechend sind hinsichtlich der Signifikanzberechnung die Voraussetzungen für einen t-Test nicht erfüllt, weswegen der Mann-

¹⁷ Hypothese: *Der Unterricht am außerschulischen Lernort Alfred Böhm Park (1100 Wien) kann sich im Vergleich zum Unterricht im Klassenraum positiv auf den Wissenszuwachs von Schülerinnen und Schülern auswirken.*

Whitney-U-Test für die Ermittlung der Signifikanz herangezogen wurde. Mit ihm kann berechnet werden, „ob die zentralen Tendenzen zweier unabhängiger Stichproben verschieden sind“ (UZH, 2021). Eine Anwendung ist zudem auch bei kleinen Stichproben und sogenannten „Ausreißern“ möglich (vgl. ebd.).

Das nächste Kapitel beschäftigt sich nun mit der detaillierten Darstellung der Ergebnisse. Die einzelnen Berechnungen für die Datenanalyse sind aus Gründen der Übersichtlichkeit im Anhang angeführt.

5 ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Studie wurden wie bereits beschrieben hinsichtlich zwei Aspekten untersucht. Einerseits quantitativ im Rahmen des Vergleichs der Gesamtpunkteanzahlen und deren Differenzen zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe, um allgemeine Aussagen über mögliche Effekte der Intervention tätigen zu können. Andererseits jedoch auch qualitativ, indem die einzelnen Items genauer betrachtet wurden, um dementsprechend analysieren zu können, inwiefern sich das Wissen zwischen Pre-, Post- und Follow-Up-Erhebung entwickelt bzw. verändert hat. In einem ersten Unterkapitel werden nun die Ergebnisse der quantitativen Datenanalyse erläutert:

5.1 Quantitative Datenanalyse

Um sich einen groben Überblick über die Ergebnisse verschaffen zu können, wurden in einem ersten Schritt die Mittelwerte der erreichten Punkte beider Gruppen in Abhängigkeit der Erhebungsphase berechnet. Dabei fiel auf, dass keine der beiden Gruppen im Durchschnitt mehr als die Hälfte der maximal zu erreichenden Punktezahl (24) erreichen konnte. Das nachfolgende Säulendiagramm (Abb.: 12) zeigt die Verteilung der Gesamtpunkte-Mittelwerte nach Erhebungsphasen innerhalb der Versuchs- sowie Kontrollgruppe. Die Versuchsgruppe erreichte in der Pre-Erhebung einen Mittelwert von 6,7 Punkten, während der durchschnittliche Punktwert der Kontrollgruppe bei 8,0 lag. Die Differenz von 1,3 Punkten kann darauf zurückgeführt werden, dass die Kontrollgruppe allgemein leistungsstärker ist, bzw. einen fortgeschritteneren biologischen Wissensstand aufweist, als die Versuchsgruppe. Diese Unterschiede wurden in den nachfolgenden Berechnungen jedoch wie bereits erwähnt berücksichtigt, indem jeweils individuell (anonym, mit fortlaufender Identifikationsnummer) Punktedifferenzen ermittelt wurden. In der Post-Phase, direkt nach der Intervention bzw. Nicht-Intervention erreichte die Versuchsgruppe im Durchschnitt 10,7 Punkte und die Kontrollgruppe 11,6 Punkte. Die Ergebnisse der Follow-Up-Erhebung ergaben Punktemittelwerte von 10,2 in der Versuchsgruppe und 11,2 in der Kontrollgruppe.

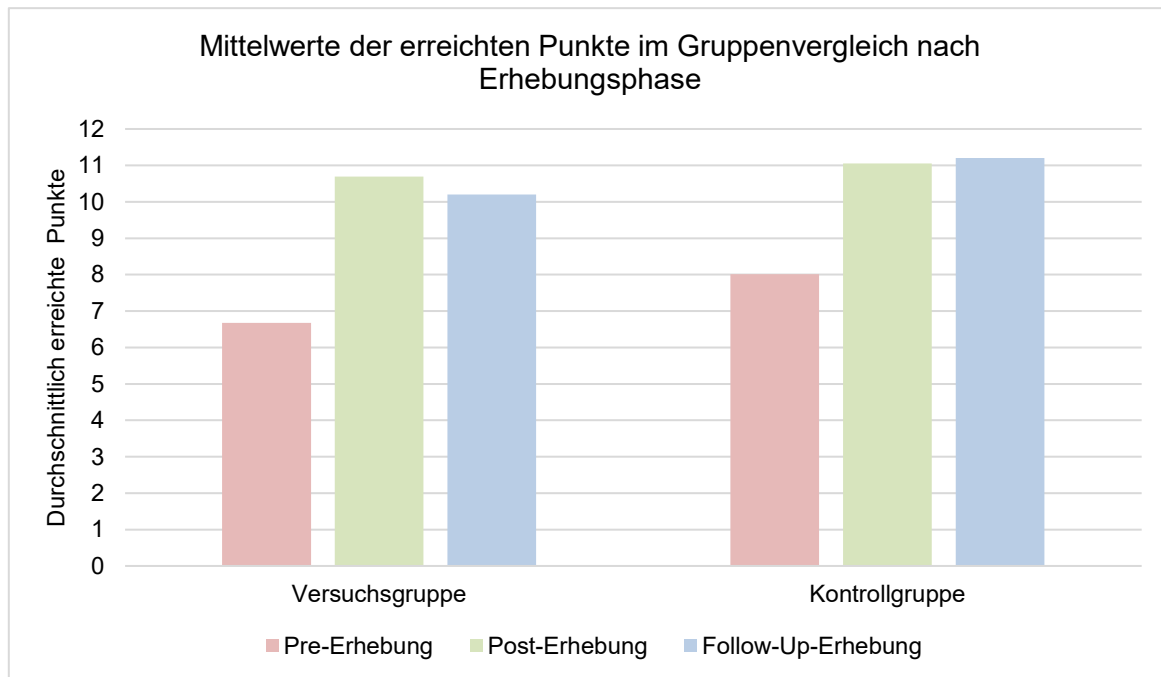


Abb.: 12 Das Säulendiagramm stellt die Mittelwerte der erreichten Gesamtpunkte im Gruppenvergleich, geordnet nach Erhebungsphase dar. Die Ergebnisse der Pre-Erhebung legen nahe, dass die Kontrollgruppe bereits über mehr Vorwissen verfügte, als die Versuchsgruppe. Der durchschnittliche kurzfristige Leistungszuwachs kann durch die Differenz zwischen Pre- und Post-Erhebung berechnet werden und ergibt für die Kontrollgruppe 3 Punkte, sowie für die Versuchsgruppe 4 Punkte. Hinsichtlich des längerfristigen Leistungszuwachses verringert sich die Differenz dieser beiden Gruppenmittelwerte auf 3,2 Punkte in der Kontrollgruppe und 3,5 Punkte in der Versuchsgruppe.

Für die Beantwortung der Forschungsfrage wird der Leistungsunterschied in Form der Differenz beider Punkteanzahlen der Versuchs- sowie Kontrollgruppe im Vergleich herangezogen. Die nachfolgenden Punktediagramme (Abb.: 13) zeigen die Leistungsänderungen beider Gruppen in Abhängigkeit der Erhebungsphase. Die kurzfristigen Änderungen ergeben sich aus der Differenz zwischen Pre- und Posterhebung, die langfristigen Leistungsänderungen aus der Differenz zwischen Pre- und Follow-Up-Erhebung. Wie aus dem Diagramm (Abb.: 13, links) ersichtlich ist, konnte die außerschulisch unterrichtete Versuchsgruppe im Durchschnitt einen kurzfristigen Leistungszuwachs von +4 Punkten erreichen, während dieser Wert bei der Kontrollgruppe lediglich +3 Punkte ausmachte. Verbindet man die zu den beiden unterschiedlichen Zeitpunkten jeweils durchschnittlich erreichten Punkte, so erhält man zwei Geraden, anhand deren Steigungen grafisch abzulesen ist, dass die Versuchsgruppe im Schnitt einen höheren Leistungszuwachs erreichen konnte als die Kontrollgruppe, welche im Klassenraum unterrichtet wurde. Da sich diese Differenzen jedoch absolut gesehen in einem kleinen Punktbereich befinden, ist vor einer Interpretation die Signifikanz dieser Ergebnisse zu berechnen. Dasselbe gilt für die langfristigen Unterschiede zwischen beiden Gruppen, wobei diese aus Gründen der Vollständigkeit zuerst absolut erläutert werden sollen.

Die Ergebnisse der Follow-Up-Erhebung ergaben Punktemittelwerte von 10,2 in der Versuchsgruppe und von 11,2 in der Kontrollgruppe, woraus sich wiederum ein durchschnittlicher (langfristiger) Leistungszuwachs von +3,5 Punkten in der Versuchsgruppe und von +3,2 Punkten in der Kontrollgruppe ergibt. Das rechte Diagramm in Abbildung 13 veranschaulicht den Vergleich des längerfristigen Leistungszuwachses (vier Wochen nach der Post-Erhebung) beider Gruppen. Bei näherer Betrachtung wird erkenntlich, dass sich die durchschnittliche Leistungs Zunahme der Versuchsgruppe im zeitlichen Verlauf, wenn auch nur gering, unterscheidet. Die außerschulisch unterrichtete Gruppe erreichte im Mittel direkt nach der Intervention im städtischen Park 10,7 Punkte. Die Kontrollgruppe erreichte direkt nach der Durchführung des Unterrichts im Klassenraum 11 Punkte.

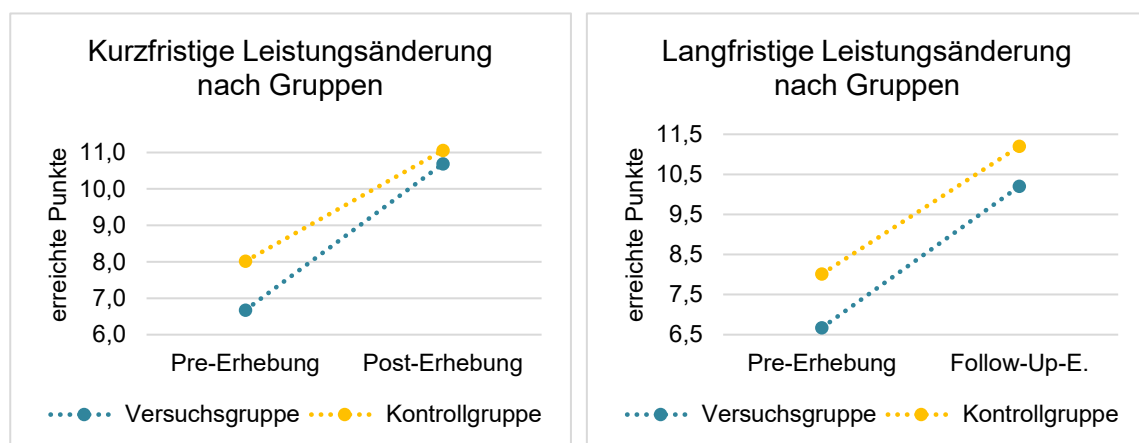


Abb.: 13 Punktediagramme über die kurz- sowie langfristigen Leistungsänderungen nach Gruppen gegliedert. Links: Die Versuchsgruppe weist einen Leistungszuwachs von 4 Punkten auf, die Kontrollgruppe einen Zuwachs von 3 Punkten. Rechts: Die Leistungssteigerung im langfristigen Vergleich ergibt +3,5 Punkte (Versuchsgruppe) bzw. 3,2 Punkte (Kontrollgruppe). Im Vergleich beider Diagramme ist zu erkennen, dass die Versuchsgruppe absolut gesehen zwar einen kurzfristig stärkeren Leistungszuwachs verzeichnete, dieser jedoch statistisch gesehen nicht signifikant ist und bereits vier Wochen nach der Intervention wieder dem Leistungszuwachs der Kontrollgruppe entsprach.

Nun liegt es wie bereits erwähnt auf der Hand, für die Interpretation dieser Daten den p-Wert zu ermitteln, um beurteilen zu können, ob die berechneten Werte überhaupt als statistisch signifikant einzustufen sind oder nicht. Die Durchführung der Signifikanzanalyse mit einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ ergab für den kurzfristigen Leistungszuwachs einen p-Wert von 0,16 und für den langfristigen Leistungszuwachs einen p-Wert von 0,58. Auf Basis dieser Ergebnisse ist die Nullhypothese (*Außerschulisches Lernen wirkt sich nicht signifikant auf den Wissenszuwachs von Schülerinnen und Schülern im Vergleich zum schulischen Unterricht aus*) beizubehalten, da die kurzfristigen und langfristigen Leistungsunterschiede statistisch gesehen als *nicht signifikant* einzustufen sind. Jedoch ist anzumerken, dass die

Überprüfung der Signifikanz erst ab $n=30$ aussagekräftig ist (vgl. UZH, 2021). Aufgrund der relativ kleinen Stichprobenzahl von $n=34$, welche nur sehr knapp über der Voraussetzung von $n>30$ liegt, ist deswegen immer im Hinterkopf zu behalten, dass es sich bei den hier erhobenen und analysierten Daten lediglich um einen sehr kleinen Ausschnitt handelt, der keine allgemeinen Aussagen erlaubt.

5.2 Qualitative Datenanalyse

Für die qualitative Datenanalyse werden nun die einzelnen Items des Fragebogens näher analysiert, um untersuchen zu können, wie sich das Wissen der Lernenden entwickelt bzw. verändert hat. Dafür wurden diese vorab den jeweiligen Modulen des Unterrichtskonzepts zugeordnet, um Zusammenhänge zwischen einzelnen Items innerhalb eines Moduls analysieren zu können. Hierbei ist anzumerken, dass die Items je nach ihrem thematischen Schwerpunkt denjenigen Modulen zugeordnet wurden, in denen dieselbe Thematik behandelt wird. Dabei wurde darauf geachtet, jedem Modul in etwa gleich viele Items zuzuordnen. Items, die themenübergreifende Fragen beinhalten, werden am Schluss analysiert, da sie aufgrund ihres thematisch vernetzten Charakters besonders interessant für die Auswertung sind. Bei der anschließenden grafischen Darstellung der Daten wurden primär die Daten für die Diagramme ausgewählt, die im jeweiligen Kontext aussagekräftiger waren. Das nachfolgende Kapitel versucht aus Gründen der Übersichtlichkeit die Anordnung der Module im Unterrichtskonzept beizubehalten.

Da das erste Modul lediglich der spielerischen Wiederholung bzw. Einführung in die Thematik dient, wurden im Fragebogen keine entsprechenden Items formuliert, die ein allgemeines Pflanzenverständnis abfragen.

Modul 2 – Aufbau von Blütenpflanzen: Nachfolgend werden diejenigen Items aufgelistet, die Fragen zum Aufbau von Blütenpflanzen stellen und aufgrund dessen dem Modul 2 zuzuordnen sind:

- F1: Die Blüten einer Pflanze dienen der Fortpflanzung.
- F2: Kreuze alle Blütenpflanzen an.
- F3: Die Blüte einer Pflanze enthält...
- F4: Die Eizellen einer Blütenpflanze befinden sich...

In beiden Gruppen zeigte sich innerhalb des Moduls 2 ein kurz- sowie langfristiger Wissenszuwachs, wobei sich dieser im Vergleich zwischen außerschulischem Lernen und schulischem Lernen nicht signifikant unterschied.

Bezüglich der Relevanz der Blüten für die Fortpflanzung (Item F1) konnte festgestellt werden, dass der langfristige Wissenszuwachs innerhalb der Gruppe, die außerschulisch unterrichtet wurde mit rund 40 Prozent an sich verbesserten Personen deutlich größer ist als in der Gruppe, die schulisch unterrichtet wurde (18 Prozent). Hierbei ist jedoch im Hinterkopf zu behalten, dass die Kontrollgruppe von Anfang an ein größeres botanisches Vorwissen mitbrachte, weswegen es auf der Hand liegt, dass deren Wissenszuwachs dementsprechend nicht so groß sein kann, wie jener der Versuchsgruppe.

	Richtige Antworten bei Pre-Erhebung	Verbesserungen zw. Pre- und Follow-Up-Erhebung	Richtige Antwort bei Pre- und Follow-Up-Erhebung
VG	35 %	41 %	24 %
KG	82 %	18 %	71 %

Abb.: 14 Die Tabelle zeigt den langfristigen Wissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler im Vergleich. Mehr als 40 Prozent der Versuchsgruppe konnte bezüglich der Relevanz der Blüte für die Fortpflanzung einen Wissenszuwachs aufweisen, während dieser Anteil bei der Kontrollgruppe lediglich 18 Prozent beträgt. Diese Differenz ist jedoch darauf zurückzuführen, dass die Kontrollgruppe bereits ein sehr stark ausgebildetes Vorwissen bezüglich der Relevanz der Blüte für die Fortpflanzung aufzeigte.

Bei der Betrachtung der Abbildung 15 fällt auf, dass mehr als ein Drittel aller Lernenden bei der Pre-Erhebung angab, dass Moose zu den Blütenpflanzen gehören würden. Diese Vorstellung änderte sich durch die Durchführung des Unterrichtskonzepts, wie am Vergleich der beiden Kreisdiagramme erkennbar ist. Ungefähr die Hälfte derjenigen, die bei der ersten Erhebung angaben, dass Moos eine

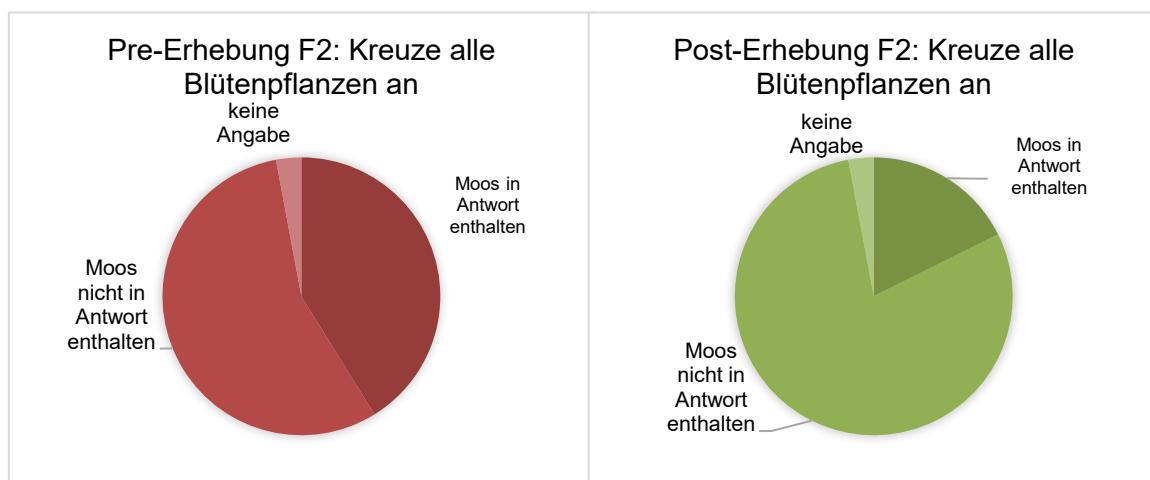


Abb.: 15 Die Kreisdiagramme zeigen die Anteile an Lernenden, die in ihren Antworten auf die Frage, was Blütenpflanzen wären, die Option „Moos“ ankreuzten im Vergleich Pre- und Post-Erhebung. Es ist ersichtlich, dass sich der Anteil an Schülerinnen und Schülern, die Moose nicht zu den Blütenpflanzen zählen, erhöhte.

Blütenpflanze wäre, änderten ihre Meinung in der Folgerhebung (Post-Erhebung). Da die Behandlung von Moosen jedoch nicht Teil des Unterrichtskonzepts war, kann hier kein direkter Rückschluss über die Wirksamkeit des Unterrichtskonzepts gezogen werden.

Etwas anders sieht das bei der Erdbeere aus. Das Balkendiagramm (Abb.: 16) stellt den Wissenszuwachs bezüglich des Bewusstseins über Erdbeeren als Vertreter der Blütenpflanzen (Item F2) dar. Während bei der Pre-Erhebung nur 15 von 34 Befragten

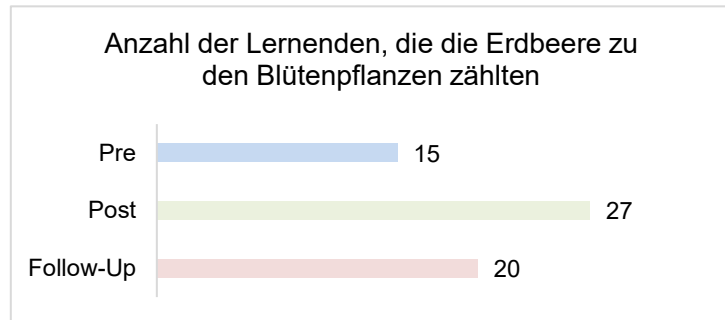


Abb.: 16 Das Balkendiagramm stellt die Anzahl an Lernenden, die Erdbeeren als Vertreter der Blütenpflanzen angaben (Item F2) im zeitlichen Vergleich. Es ist erkennbar, dass ein eindeutiger Wissenszuwachs hinsichtlich der Fragestellung stattgefunden hat, der nach 4 Wochen allerdings wieder abgefallen war.

angaben, dass Erdbeeren Blütenpflanzen wären, steigerte sich dieser Anteil nach dem Unterricht deutlich auf 27 von 34. Langfristig fiel diese Anzahl wieder auf 20 von 34 Befragten, die Erdbeeren zu den Blütenpflanzen zählten, ab. Die Wissensgenerierung bezüglich Weizen und Gras als Vertreter von Blütenpflanzen im Vergleich zur Erdbeere ist innerhalb beider Gruppen weitaus geringer als jene bezüglich der Erdbeere. Dieser deutliche Wissenszuwachs kann darauf zurückgeführt werden, dass im Lernheft zweimal eine Erdbeerpflanze grafisch abgebildet war, wohingegen Gras (im nicht blühenden Zustand) und Süßgräser nur als Hintergrundfläche in der Aufgabe 5 abgebildet waren. Als weiterer Grund kann der nahe Lebensbezug der Erdbeere für die Schülerinnen und Schüler angeführt werden. Zudem arbeiteten beide Gruppen im Vergleich bezüglich Gras und Weizen mit echten (und nicht nur im Lernheft abgebildeten) Erdbeerpflanzen, was für den starken Wissenszuwachs verantwortlich sein kann. Interessant ist dennoch, dass viele Lernende Weizen nicht als Blütenpflanze erkannten, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass bei vielen Lernenden die Vorstellung der bunten, tierbestäubten (Zwitter-)Blüte dominant zu sein scheint und die Reduktion der Blütenorgane bei Gräsern nicht Gegenstand des Wissens von Schülerinnen und Schülern ist. In diesem Kontext ist allerdings nicht vollziehbar, wieso Moos so oft als Vertreter der Blütenpflanzen angegeben wurde. Eine mögliche Erklärung ließe sich im sprachlichen Bereich verorten, wobei die Ermittlung über die Bewusstheit und die Bedeutung des Begriffs „Moos“ im Nachhinein nicht mehr möglich ist.

Im Kontext der Bestandteile einer Blüte (Item F3) zeigten die Daten einen hohen Wissenserwerb bei der Mehrheit der Befragten. Die Gründe dieses hohen Anteils könnten in der zweisprachigen Gestaltung der Aufgabe im Lernheft liegen, die schon im Gespräch mit ausgewählten Lernenden als hilfreich beschrieben wurde. Die Aufgabe, im Park selbst nach Blüten zu suchen, scheint im Vergleich zum Arbeiten mit echten Blütenpflanzen im Klassenraum keinen Einfluss auf den Wissenszuwachs gehabt zu haben, da die Auswertung des Items F4 gleich hohe Wissenszuwächse in beiden Gruppen zeigte, was auf dieselbe Kausalität für das Item F3 zurückzuführen ist.

Modul 3.1 – Sexuelle Fortpflanzung – Bestäubung: Nachfolgend werden diejenigen Items aufgelistet, die Fragen zur Bestäubung von Pflanzen stellen und aufgrund dessen dem Modul 3.1 zuzuordnen sind:

- F5: Alle Blüten sind bunt.
- F6: Pflanzen geben den Insekten nur Nektar, wenn sie dafür von ihnen bestäubt werden.
- F7: Wie können Pollen ausgebreitet werden?
- F10: Wieso bestäuben viele Insekten Pflanzen?

Interessant ist betreffend des Items F6, dass innerhalb beider Gruppen kurzfristig lediglich 12 Prozent der Lernenden einen Wissenszuwachs verzeichneten. Langfristig unterschieden sich die Ergebnisse insofern, als in der VG sogar bei niemandem ein Wissenszuwachs gemessen werden konnte, während dieser Wert in der KG zumindest bei 30 Prozent lag. Das bedeutet, dass die Teilnehmenden der Kontrollgruppe nach der Unterrichtseinheit eher verstanden, dass die Nektarbereitstellung von Pflanzen nicht vom Bestäubungserfolg durch die Insekten abhängig ist, als die Teilnehmenden der Versuchsgruppe. Dennoch sind diese Werte in beiden Gruppen sehr niedrig, weswegen nach möglichen Gründen dafür gesucht werden sollte. Da die Durchführung des Bestäuber-Spiels in beiden Gruppen stattfand, kann eine mögliche Ursache dieser Diskrepanz darin bestehen, dass die Aufmerksamkeit der außerschulischen Gruppe aufgrund der ungewohnten Umgebung möglicherweise nicht so hoch war, wie die der Kontrollgruppe. Eine mögliche generelle Erklärung für die Vorstellung, dass Pflanzen den Insekten nur Nektar geben würden, wenn sie dafür von ihnen bestäubt würden, könnte darin liegen, dass der Fokus des Bestäuber-Spiels nicht darauf ausgerichtet ist, dass Lernende zwischen

Nektarverfügbarkeit und Bestäubungserfolg unterscheiden. Dementsprechend sollte von der Lehrperson darauf hingewiesen werden, dass es durchaus auch möglich ist, dass Tiere an den Nektar von Blüten gelangen, ohne sie dabei zu bestäuben (z. B. Ameisen oder Käfer, die Löcher in die Blütenhülle fressen).

Hinsichtlich der Pollenausbreitung zeigen die in der Abbildung 17 dargestellten Ergebnisse einen starken langfristigen Wissenszuwachs in der Kontrollgruppe. 11 von 17

Lernenden, also 65 Prozent konnten sich zwischen der Pre- und Follow-Up-Erhebung bezüglich des Items F7

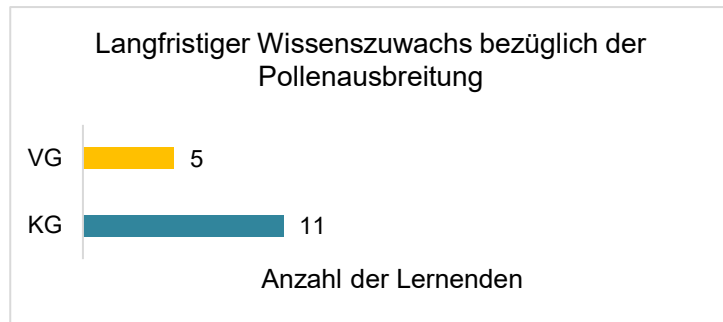


Abb.: 17 Das Diagramm zeigt die Anzahl der Lernenden mit langfristigem Wissenszuwachs bezüglich des Wissens über die Möglichkeiten der Pollenausbreitung im Vergleich zwischen Versuchsgruppe (VG) und Kontrollgruppe (KG). Während in der KG 11 von 17 Kindern einen langfristigen Wissenszuwachs erreichten, lag dieser Wert in der VG nur knapp bei der Hälfte.

(Wie können Pollen ausgebreitet werden?) verbessern, während dieser Wert in der Versuchsgruppe nur bei 5 von 17 Kindern (30 Prozent) lag. Dieses Ergebnis ist vor allem dahingehend interessant, als sich die Kontrollgruppe trotz eines höheren Vorwissens stärker verbessern konnte. Im Hinblick auf die Unbewusstheit der Insekten über deren Bestäubungsfunktion für Pflanzen zeigte die Mehrheit aller Lernenden beider Gruppen hingegen keine Veränderung im Wissensstand.

Bei näherer Betrachtung der einzelnen Antworten des Items F10 fällt auf, dass die Vorstellung über die Absichtlichkeit der Bestäubung durch die Insekten bei Schülerinnen und Schülern vor der Durchführung des Unterrichtskonzepts dominant vertreten war (Abb.: 18). Die Post-Erhebung ergab, dass sich dieses Wissen bei knapp einem Fünftel der Lernenden dahingehend änderte, dass ihnen die Unbewusstheit des Bestäubungsvorgang durch die Insekten klar geworden ist. In etwa die Hälfte derjenigen Befragten, die in der Pre-Erhebung noch Antworten auswählten, die auf die bewusste Absichtlichkeit der Bestäubung abzielten, gaben direkt nach der Intervention bzw. Nicht-Intervention die fachlich korrekten Antworten. Dabei ließen sich zwischen der Versuchs- und Kontrollgruppe keine Unterschiede hinsichtlich des Wissenszuwachs verzeichnen.

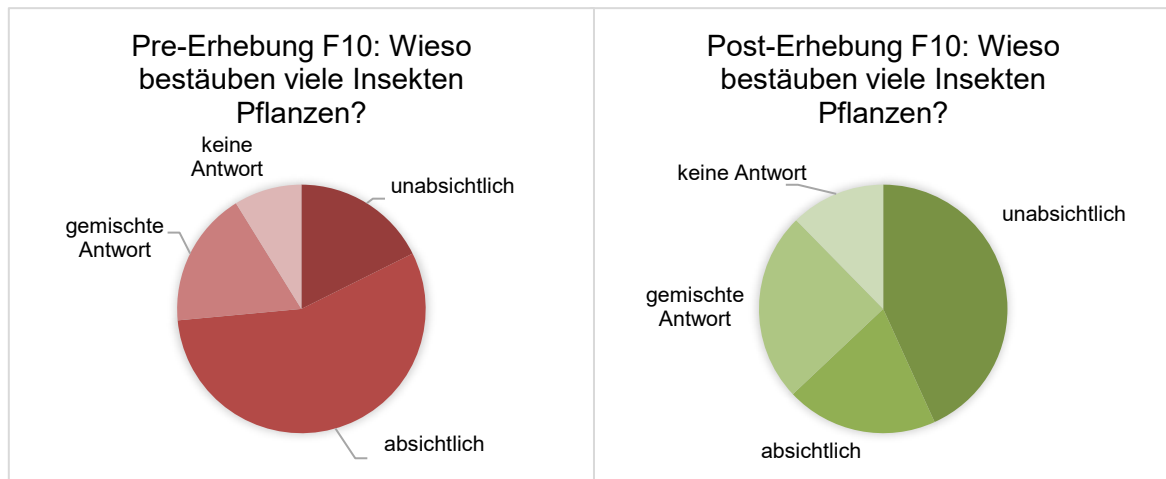


Abb.: 18 Die Kreisdiagramme zeigen die gruppierten Antworten (Versuchs- und Kontrollgruppe zusammen angeführt) hinsichtlich der Fragestellung des Items F10. Der Vergleich beider Diagramme zeigt, dass ein Wissenszuwachs zu verzeichnen war. 50 Prozent der Lernenden, die bei der Pre-Erhebung noch Antworten der Kategorie „absichtlich“ auswählten, gaben bei der Post-Erhebung die korrekten Antworten der Kategorie „unabsichtlich“ an.

Modul 3.2 – Pollenschlauchwachstum und Befruchtung: Nachfolgend werden diejenigen Items aufgelistet, die Fragen zum Pollenschlauchwachstum und der Befruchtung stellen und aufgrund dessen dem Modul 3.2 zuzuordnen sind:

- F11: Nach der Bestäubung bildet sich der Pollenschlauch.
- F17: Woraus wächst der Pollenschlauch?
- F23: Was passiert nach der Bestäubung?
- F24: Wohin wächst der Pollenschlauch?

Das Bewusstsein über das Pollenschlauchwachstum sowie die Befruchtung (Item F11) als Vorgänge, die nach der Bestäubung stattfinden, ist eindeutig gestiegen. Während bei der Pre-Erhebung nur 13 von 34 Lernenden (=38 Prozent) in der Lage waren, dieses Item richtig zu be-

antworten, stieg diese Zahl direkt nach der Durchführung des Unterrichtskonzepts auf 31 (=91 Prozent). Vier Wochen später beantworteten noch 27 von 34 Lernenden (=79 Prozent) das Item richtig.

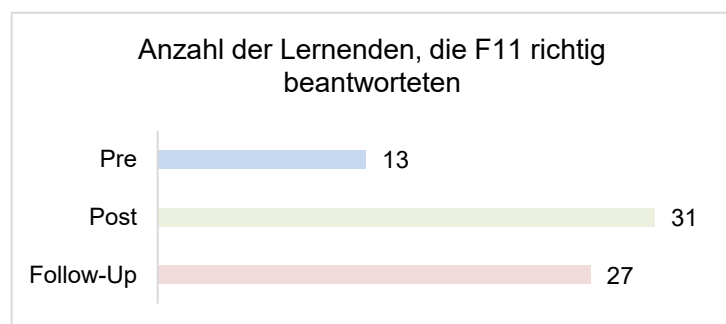


Abb.: 19 Das Säulendiagramm zeigt die Anzahl der Lernenden, die das Item F11 richtig beantworten im zeitlichen Verlauf. Aus der Darstellung lässt sich ableiten, dass ein langfristiger Wissenszuwachs hinsichtlich des Bewusstseins über die Abfolge des Bestäubungsprozesses sowie dem Pollenschlauchwachstum und der Befruchtung stattgefunden hat.

Auffällig ist, dass viele Schülerinnen und Schüler trotz der Auseinandersetzung im Rahmen des Unterrichtskonzepts immer noch keine einheitlichen Vorstellungen von Samen und Pollen haben. Die Daten der Items F17 und F14¹⁸ legen nahe, dass eine Vielzahl der Lernenden Samen und Pollen verwechseln. Lediglich 18 Prozent der Befragten konnten das Item F17 (Woraus wächst der Pollenschlauch?) bei der Pre-Erhebung zumindest teilweise richtig beantworten. Die Mehrheit der Kinder gab an, dass der Pollenschlauch aus dem Samen wachsen würde und änderte diese Meinung auch nicht in den nachfolgenden Erhebungen.

In diesem Kontext ist auch das Item F14 (*Pollen und Samen sind dasselbe*) interessant, dessen Auswertung zeigte, dass nur 59 Prozent der Probandinnen und Probanden nach der Durchführung des Unterrichtskonzepts Samen und Pollen als unter-

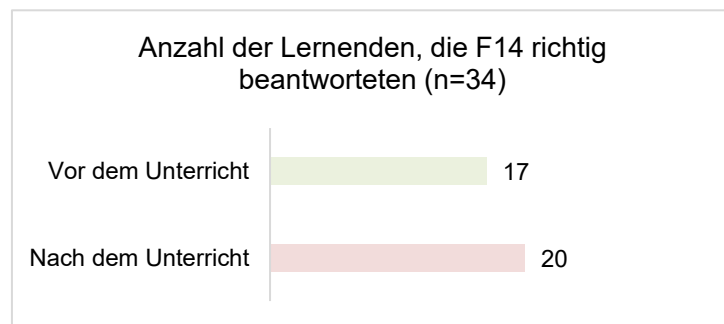


Abb.: 20 Das Balkendiagramm zeigt, dass 59 Prozent Samen und Pollen bereits vor der Durchführung des Unterrichtskonzepts als unterschiedlich bezeichnete. Dieser Anteil konnte sich durch den Unterricht kaum erhöhen, da absolut gesehen nur 3 Lernende einen Wissenszuwachs aufzeigten.

schiedlich bezeichneten. Allerdings war sich die Mehrheit dieser 59 Prozent schon vor der Durchführung darüber bewusst, woraus sich ableiten lässt, dass absolut gesehen lediglich 3 Lernende einen Wissenszuwachs hinsichtlich der Unterschiedlichkeit zwischen Pollen und Samen durch das Unterrichtskonzept aufzeigten. Dementsprechend zeigt das Unterrichtskonzept anscheinend Defizite auf, weswegen für die Zukunft die Überlegung einer zusätzlichen Aufgabenstellung zur Differenzierung von Samen und Pollen nahegelegt wird.

¹⁸ Item F14: Pollen und Samen sind dasselbe.

Hinsichtlich der Frage danach, wo der Pollenschlauch hinwächst (Item F24), zeigten sich sehr unterschiedliche Meinungen der Schülerinnen und Schüler. Die Kreisdiagramme (Abb.: 21) verdeutlichen, dass sich das Wissen im Kontext dieser Fragestellung trotz der Durchführung des Unterrichtskonzepts kaum bis gar nicht geändert hat. Die Antworten der Pre-Erhebung zeigen beinahe eine gleichmäßige Aufteilung zwischen „Fruchtknoten und/oder Samenbildung“, „Narbe“, „Kronblatt“ und „keine oder teilweise falsche Antwort“¹⁹. Auffallend ist hierbei, dass die Dominanz der Vorstellung, des Pollenschlauchwachstums hin zu den Kronblättern auch in der Post-Erhebung erhalten bleibt. Auch die anderen Antworten änderten sich in Summe nicht im Vergleich zur Befragung vor dem Unterricht. Da auf den ersten Blick keine kausale fachdidaktische Erklärung für die gleichmäßigen Anteile der Antworten zu finden ist, stellt sich die Frage, ob die Lernenden das Item möglicherweise sprachlich falsch verstanden haben. Ein Grund für die Häufigkeit der Antwort „Kronblatt“ könnte möglicherweise sein, dass sich die Lernenden lediglich an der Richtung orientierten und diese Antwort auswählten, weil das Kronblatt in der Regel am Blütenboden sitzt. Grundsätzlich wäre diese Antwort dann rein richtungstechnisch gesehen richtig. Für eine sprachliche Fehldeutung würde auch die Häufigkeit der Antwort „Narbe“ sprechen, da diese den Ausgangspunkt des Pollenschlauchwachstums darstellt.

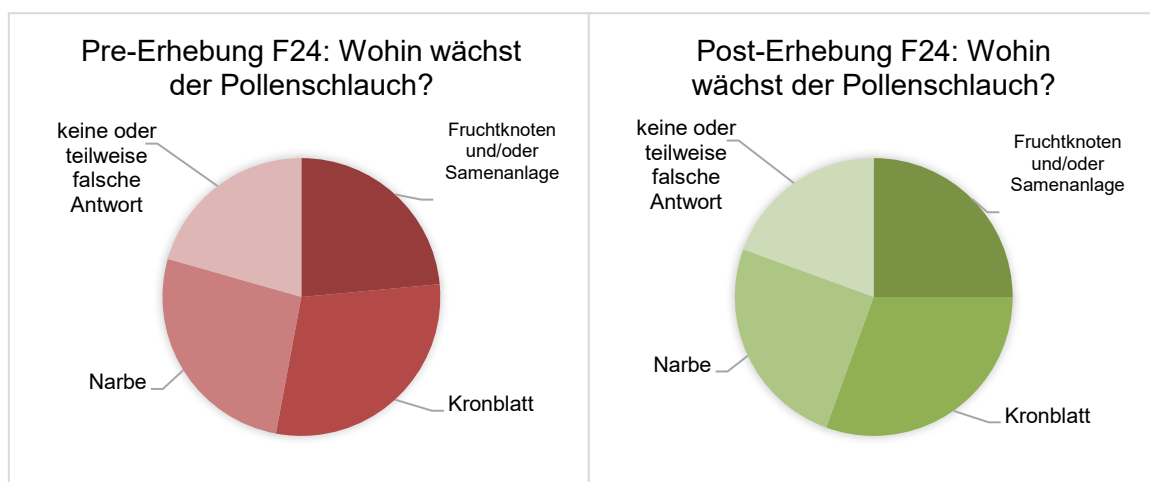


Abb.: 21 Grafische Darstellung des Items F24 im zeitlichen Vergleich. Links: Die Antworten der Lernenden bezüglich der Wuchsrichtung des Pollenschlauchs zeigt eine relativ einheitliche Verteilung, wobei die Antwort „Kronblatt“ mit einer absoluten Häufigkeit von 10 dominiert. Rechts: Das Diagramm der Post-Erhebung zeigt, sehr ähnliche Werte, weswegen von keinem Wissenszuwachs auszugehen ist.

¹⁹ Zu dieser Kategorie wurden Items gezählt, die entweder gar nicht beantwortet wurden oder in denen zumindest eine falsche neben einer richtigen Antwort angekreuzt wurde.

Modul 3.3 – Frucht- und Samenausbreitung: Nachfolgend werden diejenigen Items aufgelistet, die Fragen hinsichtlich der Diasporenausbreitung stellen und aufgrund dessen dem Modul 3.3 zugeordnet werden können:

- F12: Früchte und Samen sind dasselbe.
- F13: Eine Kirsche ist der Same eines Kirschbaums.
- F18: Woraus besteht ein Same?
- F21: Was ist die biologische Funktion von Früchten?

Die Auswertung der Items F12 und F13 im Vergleich zeigt ein interessantes Ergebnis. Knapp 55 Prozent der Lernenden gaben bereits vor dem Unterricht an, dass Same und Frucht nicht dasselbe wären. Die Post-Erhebung zeigte, dass sich dieser Anteil durch die Durchführung des Unterrichtskonzepts erstaunlicherweise weder kurzfristig, noch langfristig signifikant erhöhen konnte. Daraus ergibt sich, dass die Lernenden ohne fachlich korrektes Vorwissen keinen Wissenszuwachs hinsichtlich der Differenzierung von Same und Frucht erfahren haben. Die Analyse des Items F13 zeigte jedoch, dass über 75 Prozent der Befragten der Meinung sind, dass eine Kirsche der Same eines Kirschbaums sei (Abb.: 22). Auch hier konnte lediglich ein minimaler Wissenszuwachs bei einzelnen Lernenden durch das das Unterrichtskonzept nachgewiesen werden. Daraus lässt sich der Schluss ziehen, dass die Lernenden zwar zwischen den sprachlichen Begriffen „Same“ und „Frucht“ differenzieren, ihnen jedoch die sehr unterschiedlichen Funktionen von Same und Frucht nicht bewusst sind. Das wiederum lässt vermuten, dass die Schülerinnen und Schüler Same und Frucht als eine funktionelle Einheit sehen.

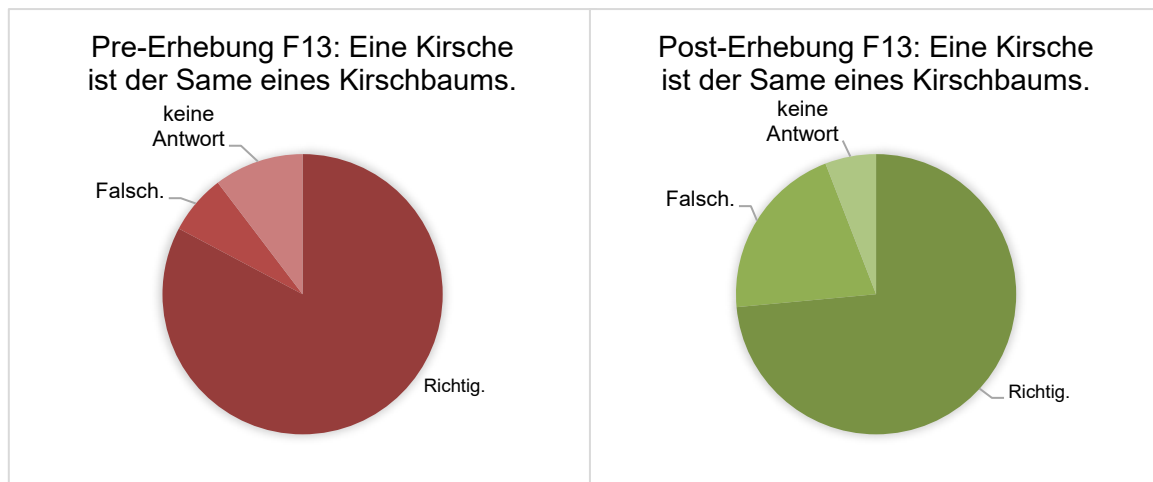


Abb.: 22 Die Kreisdiagramme zeigen die Antworten der Befragten auf die Aussage „Ein Kirschkern ist der Same eines Kirschbaums“ (Item F13) vor und nach dem Unterricht. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Durchführung des Unterrichtskonzepts nur bei vereinzelten Lernenden zu einem Wissenszuwachs geführt hat.

Im Hinblick auf den Aufbau eines Samens änderte sich das Wissen der Schülerinnen und Schüler nach dem Unterricht dahingehend, dass mehr Lernende den Keimling bzw. Embryo als Teil eines Samens benennen konnten (Abb.: 23). Interessant ist hierbei jedoch, dass die Zahl an Lernenden, die die Schale zum Samen zählten von der Pre- zur Follow-Up-Erhebung deutlich zurückging. Ein möglicher Grund hierfür könnte sein, dass die Lernenden statt der Schale bei der dritten Erhebung „Keimling/Embryo“ ankreuzten, weil sie nicht an eine Mehrfachnennung innerhalb dieser Frage dachten. Auffällig viele Lernende kreuzten bei dieser Frage lediglich eine Antwortoption an, woraus sich schließen lassen könnte, dass kein Bewusstsein für die Zusammensetzung eines Samens aus mehreren Teilen vorhanden ist.

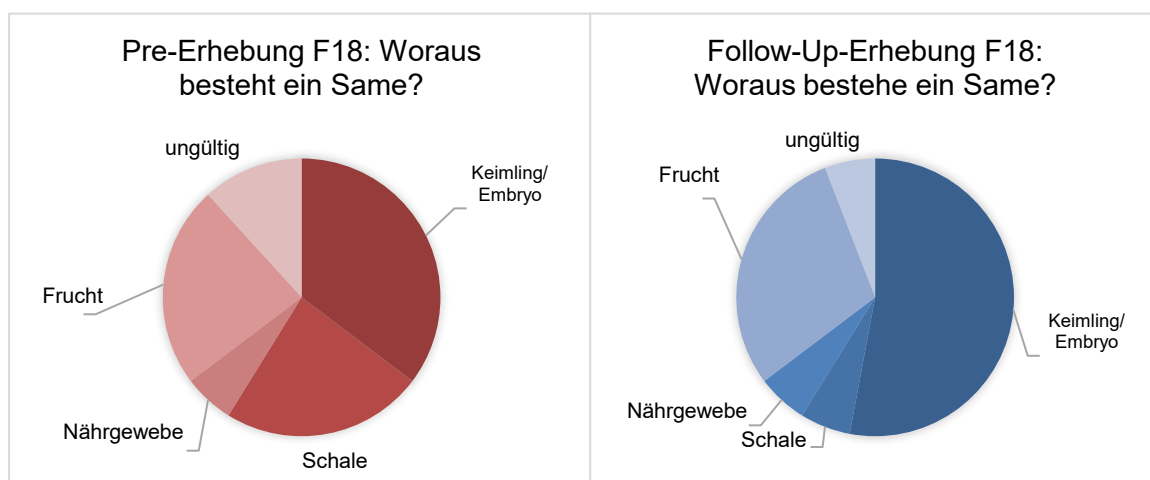


Abb.: 23 Die Kreisdiagramme zeigen die Antworten der Befragten auf die Frage „Woraus besteht ein Same?“ (Item F18) vor und 4 Wochen nach dem Unterricht. Die Ergebnisse zeigen einen Wissenszuwachs hinsichtlich des Bewusstseins über den Keimling bzw. Embryo als Teil eines Samens, legen jedoch aufgrund der Tatsache, dass fast alle Befragten nur eine Einfachauswahl angaben, nahe, dass kein Bewusstsein über die Zusammensetzung eines Samens aus mehreren Bestandteilen besteht.

Die Auswertung des Items F21 verdeutlicht Wallachs (2020: S. 36) Ergebnis, dass die Nahrungsfunktion der Frucht eine häufige Schülervorstellung sei. Im Rahmen der durchgeführten Befragung zeigte sich, dass einige Lernende Früchten zwar die Funktion der Ausbreitung zuschrieben, dies jedoch in den meisten Fällen (90 Prozent) in Kombination mit der Zuschreibung einer Nahrungsfunktion für Mensch und/oder Tier taten. Im Umkehrschluss konnten demnach trotz Durchführung des Unterrichtskonzepts nur 9 Prozent der Lernenden die korrekte biologische Funktion von Früchten benennen.

Modul 4 – Asexuelle Fortpflanzung: Hinsichtlich des Moduls zur asexuellen Fortpflanzung sind lediglich zwei Items thematisch passend:

- F16: Pflanzen, die sich asexuell fortpflanzen, brauchen keine Blüten.
- F22: Was brauchen Pflanzen, die sich asexuell fortpflanzen?

Dass Blüten für eine asexuelle Fortpflanzung nicht notwendig sind, scheint nur die Hälfte der Lernenden nach dem Unterricht verstanden zu haben. Während bei der Pre-Erhebung noch 65 Prozent der Lernenden das Item F16 nicht beantworten konnten, kreuzte bei der Post-Erhebung über die Hälfte dieser 65 Prozent die richtige Antwort an. Die Restlichen konnten diese Frage im Rahmen der Post-Erhebung nicht beantworten. Die Betrachtung der Ergebnisse des Items F22, welches auf eine Kontrolle der Vernetzung der einzelnen Module abzielte zeigte, dass kaum Lernende dazu in der Lage waren, zusammenhängende Schlüsse zwischen den Aufgabenstellungen zu ziehen. Eine grafische Darstellung dieses Items ist aufgrund der hohen Abweichungen der einzelnen Antworten voneinander nicht möglich. Lediglich 42 Prozent der Befragten konnten dieses Item in der Post-Phase richtig beantworten. 4 Wochen später fiel dieser Wert noch einmal um die Hälfte ab, woraus sich ergibt, dass lediglich ein kurzfristiger Wissenszuwachs hinsichtlich der notwendigen Blütenorgane für asexuelle Fortpflanzung ergeben hat.

Abschließend sind noch ausgewählte Items zu nennen, die zwar aufgrund ihrer Thematik nicht eindeutig einem Modul zugeordnet werden konnten, deren Ergebnisse aber dennoch erwähnenswert sind.

Äußerst interessant ist das Item F20, welches nach den Teilen von Pflanzen fragte, die aus lebendem Gewebe bestehen würden und in der Abbildung 24 grafisch dargestellt wird. Niemand der Lernenden konnte in diesem Item die volle Punkteanzahl erreichen. Auffällig ist, dass 50 Prozent der Befragten nach der Durchführung des Unterrichtskonzepts angaben, dass nur die Wurzel aus lebendigem Gewebe bestehen würde. Die restlichen 50 % schrieben entweder nur der Blüte, nur dem Pollen oder maximal drei der vier richtigen Antwortmöglichkeiten eine Lebendigkeit zu. Die Follow-Up-Erhebung unterschied sich nicht nennenswert von der Post-Erhebung. Es ist zu hinterfragen, wieso die Einfachnennung der Wurzel im zeitlichen Vergleich zunahm, während Anteil der Mehrfachnennung keinen Zuwachs verzeichnen konnte. Die Lebendigkeit des Pollens wurde trotz der expliziten Hervorhebung im Unterrichtskonzept in Form der Beschreibung des unglaublich schnellen Pollenschlauchwachstums von den Schülerinnen und Schülern nicht als eine solche aufgenommen. Auch die Lebendigkeit des Samens ist vor und nach der Durchführung des Unterrichtskonzepts nur vereinzelt Lernenden bewusst.

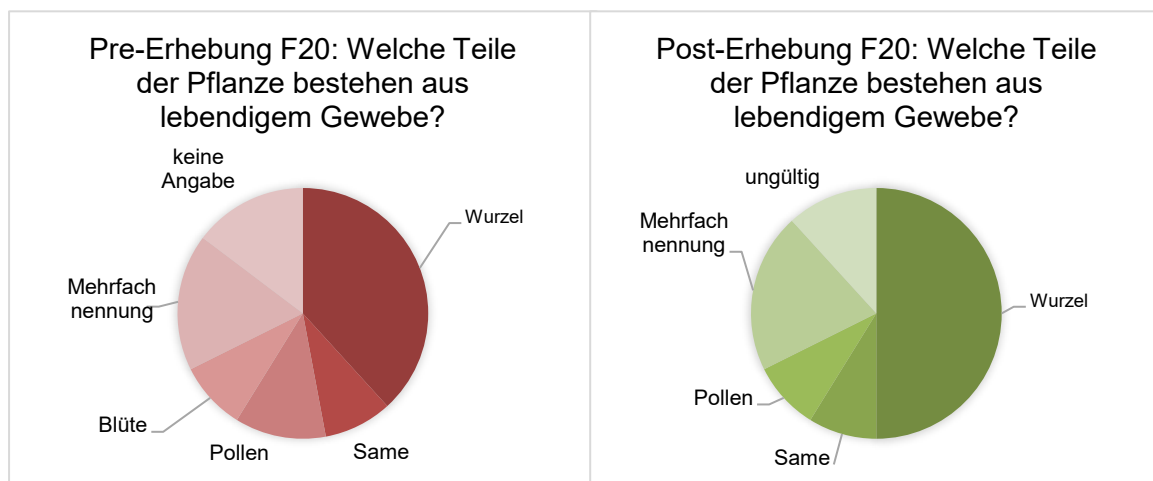


Abb.: 24 Die Kreisdiagramme zeigen, dass sich durch das Unterrichtskonzept kein Wissenszuwachs hinsichtlich der Lebendigkeit aller Antwortmöglichkeiten ergeben hat. Interessant ist, dass die Lernenden primär nur die Wurzel als lebendiges Gewebe ansehen.

Die Betrachtung des Items F14 im Vergleich nach Erhebungszeitpunkten zeigt, dass die Lernenden einen tendenziellen Leistungszuwachs bezüglich des Bewusstseins über die Unterschiedlichkeit zwischen Samen und Pollen aufzeigten, welcher in der Abbildung 25 ersichtlich ist. Während in der Pre-Erhebung nur 16 von 34 Befragten wussten, dass Pollen und Samen etwas Unterschiedliches wären, erhöhte sich dieser Anteil langfristig gesehen auf 28 von 34. Die Differenz von 8 zwischen Post- und Follow-Up-Erhebung ist recht hoch, was die Aussagekraft dieses Items in Frage stellt. Andererseits muss immer im Hinterkopf behalten werden, dass

die kognitive Kapazitäten der Lernenden nach der mehrstündigen Unterrichtseinheit nicht mehr so hoch sind, woraus sich durchaus schlechtere Ergebnisse in der Post-Phase im Vergleich zur Follow-Up-Phase ergeben können.

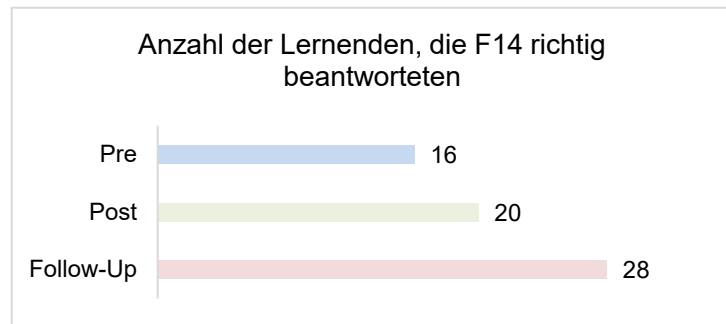


Abb.: 25 Das Balkendiagramm zeigt einen tendenziellen Leistungszuwachs hinsichtlich des Bewusstseins über die Differenzierung zwischen Samen und Pollen.

Zuletzt soll noch auf das Bestäubungs-Spiel eingegangen werden, welchem das Item F9 gewidmet wurde, um analysieren zu können, ob die Durchführung einen Wissenszuwachs hinsichtlich des Verständnisses der Wichtigkeit der Pollenübertragung als Voraussetzung für die Bestäubung bedingen konnte. Die Ergebnisse zeigten, dass das Spiel in dieser Hinsicht zu keinem Wissenszuwachs führen konnte. Vier Wochen nach der Durchführung des Spiels glaubten die Befragten am ehesten, dass das Kurkumapulver Nektar darstellen sollte. Lediglich 15 Prozent der Befragten konnten dieses Item (egal ob kurz- oder langfristig gesehen) richtig beantworten, was eine intensivere Nachbearbeitung des Spiels im Rahmen des Unterrichts nahelegt.

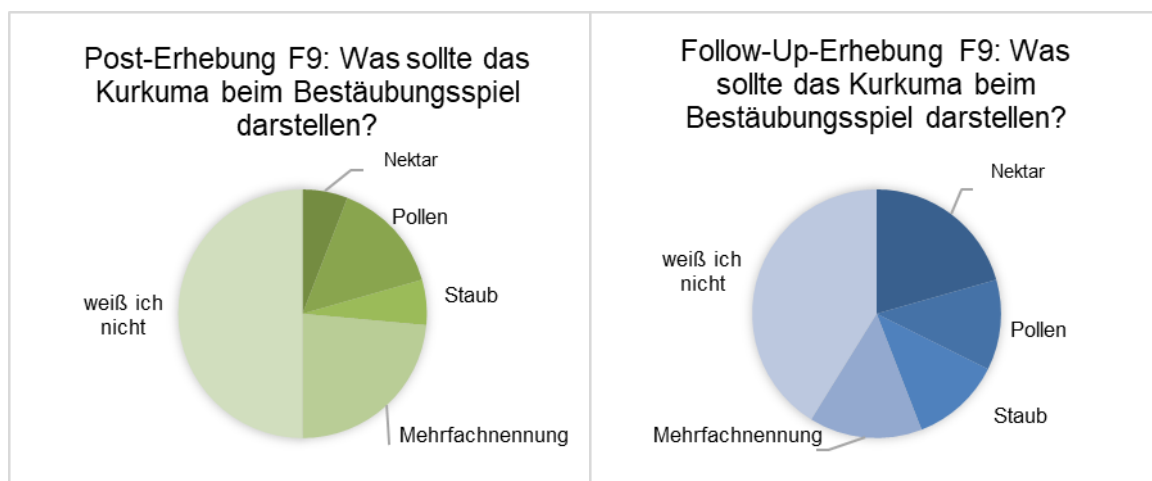


Abb.: 26 Die Kreisdiagramme zeigen, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler nach der Durchführung des Bestäuber-Spiels nicht (mehr) wusste, was das Kurkuma darstellen sollte. Langfristig gesehen verringerte sich dieser Anteil.

6 FAZIT UND DISKUSSION

Die Zielsetzung im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit lag in der Entwicklung eines verständnisfördernden Unterrichtskonzepts, welches Lehrkräften das außerschulische Unterrichten des Themas „Fortpflanzung von Pflanzen“ in städtischen Parkanlagen ermöglicht. Aufgrund der Tatsache, dass bereits 25 Prozent der Schülerinnen und Schüler im Alltag neben Deutsch auch noch mindestens eine andere Sprache sprechen (vgl. BMBWF, 2020c), wurden zur Verständnisförderung sprachensible Methoden-Werkzeuge nach Leisen (2013) wie *Wortliste*, *Memory*, *Partnerkärtchen*, *Satzmuster*, *Zuordnung* und *Wortgeländer* in die Erstellung des Lernhefts miteinbezogen. Diese eignen sich zwar für einen sprachsensiblen Fachunterricht, allerdings ist zu kritisieren, dass sie auf DaZ-Spezifika nicht ausreichend eingehen. Ein weiterer Kritikpunkt besteht darin, dass die lerndidaktische Wirkung dieser Werkzeuge noch nicht empirisch nachgewiesen wurde. Dennoch bieten sie für Fachlehrkräfte ohne sprachliche Ausbildung ein einfach handzuhabendes Methodenrepertoire. Aus diesem Grund sowie der Tatsache, dass die Wirkung hinsichtlich sprachlicher Effekte nicht Hauptgegenstand dieser Arbeit war, ist deren Anwendung im Rahmen der Lernheftentwicklung gerechtfertigt. Die während der Durchführung des Unterrichtskonzepts entstandenen mehrstündigen Audio-Aufnahmen über Diktiergeräte ermöglichen im Rahmen einer weiteren Forschungsarbeit die Untersuchung des sprachlichen und lerndidaktischen Verständnisses der Schülerinnen und Schüler. Auf Basis dieser Ergebnisse würde sich schließlich auch eine erneute Überarbeitung des hier entwickelten Unterrichtskonzepts gut anbieten.

Die Durchführung der Interventionsstudie hat in Hinblick auf die Forschungsfrage und das Forschungsdesign ergeben, dass der außerschulische Faktor keinen statistisch signifikanten Einfluss auf den Wissenszuwachs der Lernenden hatte. Mögliche Gründe hierfür könnten die Ablenkung durch externe Faktoren und ein damit zusammenhängendes niedrigeres Aufmerksamkeits- bzw. Konzentrationslevel sein. Dem ist hinzuzufügen, dass eine gewissenhafte Beantwortung aller Fragen sowie das Verständnis der Items in sprachlicher Hinsicht nicht überprüft werden konnte. Auch mögliche Einflüsse des Lernhefts können nicht ausgeschlossen werden. Waltner & Wiesner (2009) kamen beispielsweise im Rahmen der Untersuchung des Einflusses eines Museumsbesuchs auf die Lernwirksamkeit zu dem

Ergebnis, dass unter anderem die Strukturierung der Lernmaterialien ausschlaggebend für die Lernwirksamkeit war. Vor diesem Hintergrund besteht natürlich die Überlegung, ob eine stärkere Strukturierung des Lernhefts Auswirkungen auf den Wissenszuwachs gehabt hätte.

Obwohl zwar quantitativ gesehen keine statistisch signifikanten Unterschiede im Leistungszuwachs zwischen den beiden Gruppen gemessen werden konnte, ließen sich durch die qualitative Analyse der einzelnen Items gewisse Tendenzen feststellen.

Ein langfristiger Wissenserwerb konnte den Ergebnissen zu urteilen nach durch das intensive Arbeiten mit echten Pflanzen erreicht werden, die zudem einen nahen Lebensbezug zu den Schülerinnen und Schülern aufweisen (z. B. *Fragaria*). Die Erdbeere bietet außerdem den Vorteil, anhand einer einzelnen Pflanze verschiedene Lebensstadien (Blütephase, Fruchtbildung) sowie zwei Möglichkeiten der Fortpflanzung direkt am Objekt zu vermitteln. Dabei schien der Ort der Arbeit mit echten Pflanzen (Park oder Klassenraum) keinen Einfluss gehabt zu haben. Die Ergebnisse bezüglich des Items zu den Blütenbestandteilen zeigen, dass ein sehr großer Wissenszuwachs von 85-100 Prozent erreicht werden konnte. Als möglicher Grund dafür kommt die mehrsprachige Abbildung zu den Blütenbestandteilen in Frage, welche von den Lernenden in den meisten Fällen benutzt wurde.

Weniger gut fielen die Ergebnisse im Modul zur Bestäubung aus, was damit zusammenhängen könnte, dass das Bestäuber-Spiel intensiver auf- und nachgearbeitet werden müsste. Beispielsweise wurde schon darauf hingewiesen, dass auch die Möglichkeit besteht, dass Tiere zwar an den Nektar der Blüten gelangen, diese aber trotzdem nicht bestäuben. Eine entsprechende Adaptierung des Lernhefts ist bereits eingearbeitet worden.

Überraschend war die Tatsache, dass die Schülervorstellung bezüglich der Ähnlichkeit zwischen Pollen und Samen sehr fest verankert zu sein scheint und auch das Unterrichtskonzept zu keiner neuen Wissensgenerierung führte. Das Pollenschlauchmodell von Lukas Trnka (2020) scheint zwar die Vorstellung des Pollenschlauchwachstums und der Befruchtung erleichtert zu haben, jedoch wird aufgrund der durch den Fragebogen ermittelte Unklarheit, wohin der Pollenschlauch nun tatsächlich wachsen würde nahegelegt, das Modell zu adaptieren. Es ist

deswegen zu empfehlen, die restlichen Blütenorgane (Kelch-, Kron- und Staubblätter) entweder dem Modell hinzuzufügen oder diese zumindest auf ein Blatt Papier zu zeichnen und dieses hinter das Modell zu halten, damit die Lernenden leichter verstehen, dass es sich bei dem Modell lediglich um einen Ausschnitt eines Teils der Blüte handelt.

Die Ergebnisse des Moduls zur Frucht- und Samenausbreitung zeigten, dass die Schülerinnen und Schüler zwar in der Theorie zwischen Samen und Früchten differenzieren würden, diese Unterscheidung in der Praxis jedoch nicht anwenden könnten, weswegen das Unterrichtskonzept insofern adaptiert wurde, als die Lernenden ihre Funde dahingehend betrachten sollen, ob sie die Samen finden würden.

Zuletzt ist noch festzuhalten, dass die wenigsten Lernenden dazu in der Lage waren, das Gelernte der einzelnen Module miteinander zu verknüpfen oder zusammenhängende Schlüsse zu ziehen. Es ist jedoch auch noch einmal darauf hinzuweisen, dass die Lerngruppen allgemein leistungsschwach sind und sehr viel Unterstützung im Lernprozess benötigen. Für leistungsschwächere Klassen ist es daher empfehlenswert, die Klasse für die Durchführung des Unterrichtskonzepts zu teilen und mit beiden Gruppen einzeln durchzuführen, um individueller fördern und fordern zu können. Dementsprechend wäre auch die Ablenkung durch eine große Anzahl an Mitschülerinnen und Mitschüler geringer.

Zusammenfassend muss jedenfalls betont werden, dass es sich bei der hier durchgeführten Interventionsstudie um ein Forschungsvorhaben mit einer sehr kleinen Stichprobe handelt, weswegen die Ergebnisse keine allgemeingültigen Aussagen erlauben. Für eine genauere Untersuchung ist nicht nur eine größere Stichprobe notwendig, sondern auch die Berücksichtigung des Faktors Motivation. Da diese Berücksichtigung jedoch den Rahmen der hier vorliegenden Arbeit um ein Vielfaches gesprengt hätte, wird an dieser Stelle auf mögliche Folgeuntersuchungen verwiesen, die sich mit der Auswertung der Audio-Dateien, dem Einbeziehen des Faktors Motivation und/oder der Durchführung mit einer größeren Stichprobe beschäftigen müssten.

7 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BMBWF = Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung

DaZ = Deutsch als Zweitsprache

DaF = Deutsch als Fremdsprache

KG = Kontrollgruppe

NMS = Neue Mittelschule

SuS = Schülerinnen und Schüler

UZH = Universität Zürich

VG = Versuchsgruppe

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.: 1 Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997: S. 406)	11
Abb.: 2 Aufbau einer Blütenpflanze. (Campbell et al., 2016: S. 95)	12
Abb.: 3 Schematischer Aufbau der zwittrigen Blüte eines Angiospermen (Campbell et al., 2016: S. 1071)	14
Abb.: 4 Taubenschwänzchen und Blütensporn (Sadava et al., 2019: S. 685).	17
Abb.: 5 Weiblicher Gametophyt bei der doppelten Befruchtung. (Hess, 2004: S. 286)	19
Abb.: 6 Keimvorgang der Gartenbohne (Campbell et al., 2016: S. 1080).	23
Abb.: 7 Vorschläge für einen Planungsrahmen (Tajmel, 2009: S. 151)	28
Abb.: 8 Methoden-Werkzeuge nach Leisen (2013: S. 269–273)	29
Abb.: 9 Darstellungsformen und Abstraktionsebenen im Fachunterricht (Leisen, 2013: S. 253)	31
Abb.: 10 Besonderheiten der Fachsprache nach Leisen (2013: S. 255–256)	33
Abb.: 11 Schematischer Ablauf der Interventionsstudie (eigene Abbildung)	65
Abb.: 12 Säulendiagramm zur Leistungsveränderung (eigene Abbildung)	70
Abb.: 13 Punktediagramme zur Leistungsveränderung (eigene Abbildung)	71
Abb.: 14 Tabelle zu Item F1 (eigene Abbildung)	73
Abb.: 15 Kreisdiagramme zu Item F2 (eigene Abbildung)	74
Abb.: 16: Balkendiagramm zu Item F2 (eigene Abbildung)	74
Abb.: 17 Balkendiagramm zu Item F7 (eigene Abbildung)	76
Abb.: 18 Kreisdiagramme zu Item F10 (eigene Abbildung)	77
Abb.: 19 Säulendiagramm zu Item F11 (eigene Abbildung)	77
Abb.: 20 Balkendiagramm zu Item F14 (eigene Abbildung)	78
Abb.: 21 Kreisdiagramme zu Item F24 (eigene Abbildung)	79

Abb.: 22 Kreisdiagramme zu Item F13 (eigene Abbildung)	81
Abb.: 23 Kreisdiagramme zu Item F18 (eigene Abbildung)	81
Abb.: 24 Kreisdiagramme zu Item F20 (eigene Abbildung)	83
Abb.: 25 Balkendiagramm zu Item F14 (eigene Abbildung)	84
Abb.: 26 Kreisdiagramme zu Item F9 (eigene Abbildung)	84

9 LITERATURVERZEICHNIS

- Balding, M., & Williams, K. J. H. (2016): *Plant blindness and the implications for plant conservation*. Conservation Biologie 30(6), 1192–1199.
- Barzel, B.; Glade M.; Prediger S.; Schmidt U. (2011): *Wie beschreibe ich es am besten? Sinn der Fachsprache in der Geometrie erfahren*. In: Praxis der Mathematik in der Schule (37), 3–40.
- Benkowitz, D., & Lehnert, H. J. (2010): *Denken in Kreisläufen: Lernerperspektiven zum Entwicklungszyklus von Blütenpflanzen*. Biologie Lehren und Lernen. Zeitschrift für Didaktik der Biologie, 17(1), 31–40.
- Berck, K.-H., & Klee, R. (1992): *Interesse an Tier- und Pflanzenarten und Handeln im Natur-Umweltschutz*. Frankfurt/Main u.a.: Peter Lang.
- Budde, J. & Hummrich, M. (2016): *Die Bedeutung außerschulischer Lernorte im Kontext der Schule – eine erziehungswissenschaftliche Perspektive*. In: Jan Erhorn & Jürgen Schwier. Pädagogik außerschulischer Lernorte. Bielefeld: Transcript, 29–52.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2020a): *Lehrplan der Mittelschule*. Verfügbar unter https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/lp/lp_ms.html [29.3.2021].
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2020b): *Lehrplan der Allgemeinbildenden höheren Schule*. Verfügbar unter https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/lp/lp_ahs.html [29.3.2021].
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2020c): *Schülerinnen und Schüler mit anderen Erstsprachen als Deutsch*. Verfügbar unter https://www.oesterreich.gv.at/the-men/bildung_und_neue_medien/schule/Seite.110005.html [29.3.2021].
- Butler, M., & Goschler, J. (2019): *Sprachsensibler Fachunterricht. Chancen und Herausforderungen aus interdisziplinärer Perspektive*. Wiesbaden: Springer.
- Carnevale, C. & Wojnesitz, A. (2014). *Sprachsensibler Fachunterricht in der Sekundarstufe. Grundlagen – Methoden – Praxisbeispiele*. ÖSZ Praxisreihe. Heft 23. Graz: ÖSZ.
- Campbell, N. A.; Reece, J.; Urry, L., Cain, M.; Wassermann, S.; Minorsky, P. & Jackson, R. (2016). *Campbell Biologie*. 10., aktualisierte Auflage. Hallbergmoos: Pearson.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). *All other things being equal. Acquisition and transfer of the control of variables strategy*. Child Development, 70(5), 1098–1120.
- Cummins, J. (2000). *Language, Power and Pedagogy. Bilingual Children in the Crossfire*. Clevedon: Multilingual Matters.
- Drumm, S. (2016): *Sprachbildung im Biologieunterricht*. In: Ahrenholz, B., Dimroth, C., Lütke, B. & Rost-Roth, M. (Hrsg.): DaZ-Forschung. Band 11. Berlin/Boston: De Gruyter.
- Duden (2021a): *Alltagssprache, die*. Verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/Alltagssprache> [24.4.2021].
- Erhorn, J., & Schwier, J. (2016): *Außerschulische Lernorte*. Eine Einleitung. In: Pädagogik außerschulischer Lernorte: Erhorn, J. & Schwier, J. (Hrsg.). Bielefeld: Transcript, 7–13.

Feilke, H. (2012): *Bildungssprachliche Kompetenzen - fördern und entwickeln*. Praxis Deutsch 233: 4–13. Verfügbar unter <https://www.uni-giessen.de/fbz/fb05/germanistik/ab-sprache/sprachdidaktik/aufsaetzelinks/pdbabildungssprache> [14.4.2021].

Fischer, M. A.; Oswald, K. & Adler, W. (2008): *Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol*. 3., verbesserte Auflage. Linz: Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen.

Gerhardt, A. & Müller, S. (2001): *Biologie in Freiland und Labor. Beispiel: Pilze. Unterrichts Anregungen für die Sekundarstufe I und II*. Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie 10, 99–120.

Gebhardt, P. (2016): *Die Relevanz von Freilandunterricht zum Thema „Essbare Wildpflanzen“*. Hochschulschrift. Karls-Franzens-Universität Graz.

Gibbons, P. (2009): *English learners, academic literacy, and thinking. Learning in the challenge zone*. Portsmouth: Heinemann.

Gogolin, I. & Krüger-Potratz, M. (2012): *Sprachenvielfalt – Fakten und Kontroversen*, In: Zeitschrift für Grundschulforschung, 4, Heft 2, 7–19.

Gogolin, I. & Lange, I. (2011): *Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung*, In: Fürstenau, S. & Gomolla, M. (Hrsg.): *Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S.107–127.

Gropengießer, H. (2007): *Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens*, In: Krüger, D. et al. (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung, Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*, Berlin: Springer-Verlag, 105–116.

Gropengießer, H. & Kattmann, U. (Hrsg.) (2018): *Fachdidaktik Biologie*. Die Biologiedidaktik begründet von Dieter Eschenhagen, Ulrich Kattmann und Dieter Rodi. 11. Auflage. Köln: Aulis Verlag Deubner.

Heintze, A. (2009): *Wege zur durchgängigen Sprachbildung, Ein Orientierungsrahmen für Schulen*, Berlin: FörMig-Transfer. Verfügbar unter http://www.foermig-berlin.de/materialien/Wege_zur_durchgaengigen_Sprachbildung____.pdf [18.4.2021].

Hess, D. (2004): *Allgemeine Botanik*. Stuttgart: Ulmer (UTB 2487).

Hochstöger, J. (2021): *Über die Bienchen und Blümchen. Ein außerschulisches Lernprogramm für die Primarstufe im Botanischen Garten der Universität Wien*. Hochschulschrift. Universität Wien.

Holstermann, N., & Bögelholz, S. (2007): *Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I*. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13, 71–86.

Janko, L. & Dreesmann, D. (2020): *Bestäubung praktisch und spielerisch erfahren. Eine Spiel- und Bastelanleitung zum ‚Durch die BLUME‘-Bestäuber-Spiel*. BU praktisch 3 (3). Verfügbar unter <https://www.bu-praktisch.de/index.php/bupraktisch/article/view/3321> [4.6.2021].

Kammermeyer, G. & Roux, S. (2013): *Sprachbildung und Sprachförderung*, In: Stamm, M. & Edelmann, D. (Hrsg.): *Handbuch frühkindliche Bildungsforschung*, Wiesbaden: Springer-Verlag, 515–528.

- Kattmann, U. (2007). *Didaktische Rekonstruktion - eine praktische Theorie*. Theorien in der biologiedidaktischen Forschung, 93–104.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). *Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung*. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), 3–18.
- Kendall, D., Murfield, J., Dillon, J., & Wilkin, A. (2006): *Education Outside the Classroom: Research to Identify What Training is Offered by Initial Teacher Training Institutions*. National Foundation für Educational Research, 802, 1–3.
- Killermann, W., Hiering, P., & Starosta, B. (2013): *Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik*. 15., aktualisierte Auflage, Donauwörth: Auer Verlag.
- Klieme, E. et al. (2003): *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*, In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards, Eine Expertise*, Berlin, 7–174. Verfügbar unter https://edudoc.ch/record/33468/files/develop_standards_nat_form_d.pdf [16.3.2021].
- Kniffka, G. (2010): *Scaffolding*, In: pro DaZ, Verfügbar unter <https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/scaffolding.pdf> [24.5.2021].
- Kniffka, G. (2012): *Scaffolding – Möglichkeiten, im Fachunterricht sprachliche Kompetenzen zu vermitteln*, In: Michalak, M. & Kuchenreuther, M. (Hrsg.): *Grundlagen der Sprachdidaktik Deutsch als Zweitsprache*, Hohengehren: Schneider Verlag, 208–225.
- Koch, P. & Oesterreicher, W. (1994): *Schriftlichkeit und Sprache*. In: Günther, H. & Ludwig, O. (Hrsg.): *Schrift und Schriftlichkeit*. Berlin: De Gruyter: 587–603.
- Lange, I. & Gogolin, I. (2010): *Durchgängige Sprachbildung. Eine Handreichung*. Münster / New York / München / Berlin: Waxmann-Verlag.
- Lakoff, G. (2014). *Mapping The Brain's Metaphor Circuitry: Metaphorical Thought In Everyday Reason*. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1–14.
- Lampert, P., Scheuch, M., & Kiehn, M. (2018): *Wie pflanzen sich Pflanzen fort? – Eine fachliche Klärung*. Erkenntnisweg Biologiedidaktik, 17, 9–25.
- Lampert, P. (2012): *Blüten und Bestäuber: Fachliche Grundlagen, Schülervorstellungen und Modelle*. Hochschulschrift. Universität Wien.
- Lampert, P., Pany P., Scheuch, M., Heidinger, C., Kiehn, M., & Kapelari, S. (2018): *Mehr als nur Bestäubung - Schülervorstellungen zur Bestäubungsökologie und deren Implikationen für den Unterricht*. Zeitschrift für Didaktik der Biologie, 22(1), 63–79.
- Lampert, P., Scheuch, M., Pany, P., Müllner, B., & Kiehn, M. (2019). *Understanding Students' Conceptions Of Plant Reproduction To Better Teach Plant Biology In Schools*. *Plants, People, Planet*, 1(3), 248–260.
- Lampert, P., Müllner, B., Pany, P., Scheuch, M., Kiehn, M. (2020 in print): *Students' Conceptions Of Plant Reproduction Processes*. *Journal of Biological Education*.
- Lampert, P. (2020): *Educational Dimensions Of Plant Reproduction – Analyses Of Student's Conceptions, Knowledge Base And Science Content To Provide Implications And Options For Teaching*. Hochschulschrift, Universität Wien.

Lange, I. (2012): *Von ‚Schülerisch‘ zu Bildungssprache, Übergänge zwischen Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Konzept der Durchgängigen Sprachbildung*, In: Fürstenau, S. (Hrsg.): *Interkulturelle Pädagogik und Sprachliche Bildung*, Wiesbaden: Springer, S.123–142.

Laufs, A.-K. & Kempert, S. (2021): *Außerschulische Interessen als Ressource für die individualisierte Vermittlung der Variablenkontrollstrategie in der Grundschule*. *Unterrichtswissenschaften* 49 (31), S. 31–56.

Leins, P. (2000): *Blüte und Frucht. Aspekte der Morphologie, Entwicklungsgeschichte, Phylogenie, Funktion und Ökologie*. Stuttgart: Schweizerbart.

Leisen, J. (2010): *Handbuch Sprachförderung im Fach, Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis – Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach*, Bonn: Varus.

Leisen, J. (2013): *Fachliches und sprachliches Lernen im sprachsensiblen Fachunterricht*. Verfügbar unter <http://www.josefleisen.de/downloads/sprachbildung/55%20Fachliches%20und%20sprachliches%20Lernen%20i-%20IDE%202013.pdf> [14.4.2021].

Lengyel, R. (2012): *Unterrichtsinteraktion in sprachlich heterogenen Klassen*, In: Fürstenau, S. (Hrsg.): *Interkulturelle Pädagogik und Sprachliche Bildung*, Wiesbaden: Springer, 143–161.

Mohamed, Samy (2020): *Teaching Experiment. Vorstellungen zur sexuellen Reproduktion der Bedecktsamer*. Hochschulschrift. Universität Wien.

Müllner, B. (2014): *Sprachsensibler Biologieunterricht. Eine Untersuchung in einer Klasse mit hohem Anteil an SchülerInnen mit Deutsch als Zweitsprache*. Hochschulschrift. Universität Wien.

Nerdel, C. (2017): *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Berlin: Springer Spektrum.

Nückles M. & Wittwer J. (2014) *Lernen und Wissenserwerb*. In: Seidel, T. & Krapp, A. (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie*. 6. Auflage. Beltz, Weinheim, 225–252.

Pineker-Fischer, A. (2017): *Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Umgang von Lehrpersonen in soziokulturell heterogenen Klassen mit Bildungssprache*. Wiesbaden: Springer.

Pleyer, S. (2018): *„Schau mal was ich gefunden habe“ Freiland-Biologieunterricht in Petronell und wie SchülerInnen diesen erleben*. Hochschulschrift. Universität Wien.

Reichstädter, A. & Müllner, B. (2016): *Operatoren in der mündlichen und schriftlichen kompetenzorientierten Reifeprüfung Biologie & Umweltkunde*. Verfügbar unter https://aeccbio.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biodidaktik/AECC_Bio/Lehrer_innen/handreichung_rp_operatoren.pdf [8.6.2021].

Reinfried, S., Christian, M. & Kattmann, U. (2009): *Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Forschung und Entwicklung von Unterricht*. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 27 (3), 404–414.

Renner, K.-H.; Heydasch, T. & Ströhlein, G. (2012): *Forschungsmethoden der Psychologie. Von der Fragestellung zur Präsentation*. In: Kriz, J. (Hrsg.). Wiesbaden: Springer-Verlag.

Ritt, M. (2018): *Der Nationalpark als Außerschulischer Lernort: der Einfluss einer Schulveranstaltung im Nationalpark Gesäuse auf das Naturschutzbewusstsein von Schülerinnen und Schülern*. Hochschulschrift. Universität Graz.

Sadava, D., Hillis, D., Heller, H., Craig & Hacker, S. (2019): *Purves Biologie*. In: Markl, J. (Hrsg.). 10. Auflage. Berlin: Springer-Verlag.

Schmölzer-Eibinger, S. et al. (2012): *Handbuch, Sprachförderung im Fachunterricht in sprachlich heterogenen Klassen*, Graz: Fachdidaktik Zentrum der GeWi-Fakultät Graz.

Schmölzer-Eibinger, S. (2013): *Sprache als Medium des Lernens im Fach*. In: Becker-Mrotzek, M. (Hrsg.): *Sprache im Fach*. Münster, New York: Waxmann: 25–40.

Spörhase, U. (Hrsg.) (2015): *Biologie Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. 7. Auflage. Berlin: Cornelsen.

Tajmel, T. (2009): *Ein Beispiel: Physikunterricht*, In: Fürstenau, S. & Gomolla, M. (Hrsg.): *Migration und schulischer Wandel: Unterricht*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 139–155.

Tajmel, T. (2010): *DaZ-Förderung im naturwissenschaftlichen Unterricht*, In: Ahrenholz, B. (Hrsg.): *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache*, Tübingen: narr Verlag, 167–184.

Tajmel, T. (2011): *Sprachliche Lernziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, In: pro DaZ. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/upload/sprachsensibler_FU/Sprachliche_Lernziele_NAWI_Tajmel.pdf [8.6.2021].

Von Au, J. & Gade, U. (2016): *„Raus aus dem Klassenzimmer“. Outdoor Education als Unterrichtskonzept*. Weinheim / Basel: Beltz Juventa.

Trnka, L. (2020): *Veranschaulichung des Pollenschlauchwachstums – Fachdidaktische Analyse und Entwicklung eines Modells zum Pollenschlauchwachstum*. Hochschulschrift. Universität Wien.

Universität Zürich (2021): Mann-Whitney-U-Test. Verfügbar unter https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/mann.html#2._Grundlegende_Konzepte [8.7.2021].

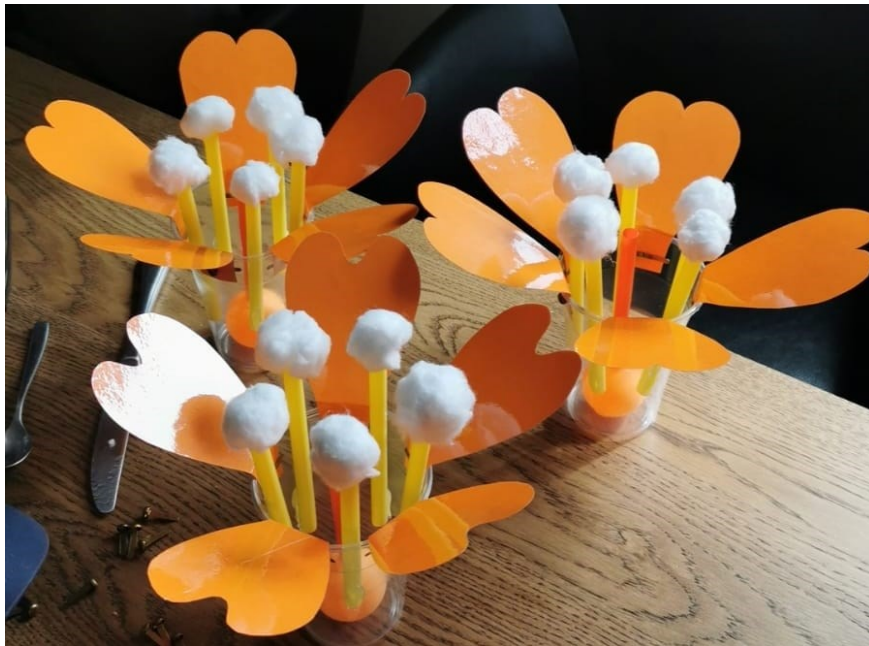
Quinte, J., Lindemann-Matthies, P. & Lehnert H.-J. (2016): *Denkmodelle vom Lebenszyklus der Samenpflanzen*. Erkenntnisweg Biologiedidaktik, 11, 37–52.

Wandersee, J. H. (1986): *Plants or Animals – Which Do Junior High School Students Prefer To Study?* Journal of Research in Science Teaching, 23, 415–426.

Wallach, A. (2020): *Schülerinnenvorstellungen zur Fortpflanzung und Entwicklung bei Blütenpflanzen*. Hochschulschrift. Universität Wien.

Waltner, C. & Wiesner, H. (2009): *Lernwirksamkeit eines Museumsbesuchs im Rahmen von Physikunterricht*. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 195–217.

10 ANHANG



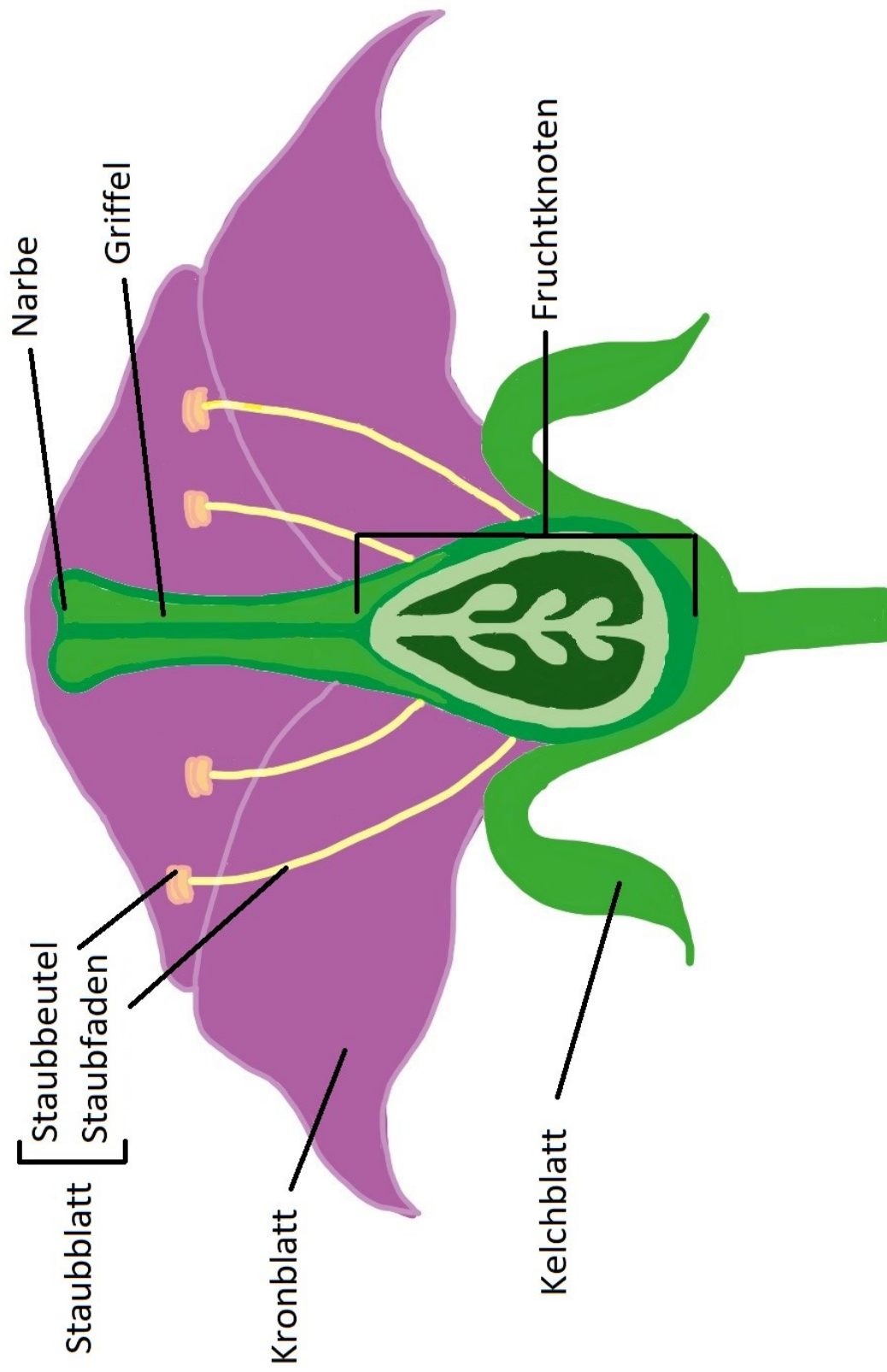
Blütenmodelle nach Lampert (2012)



Der Schüler berührt mit dem schwarzen Socken die Staubblätter und Pollen bleibt auf ihm kleben



Pollenschlauchmodell nach Trnka (2020)



Auswertung Kontrollgruppe

Item	49	49	47	47	46	46	46	43	43	40	40	31	31	31
F1	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00
F2	1,00	0,66	0,66	0,00	0,33	0,66	0,00	0,33	0,66	0,66	0,33	0,66	0,00	0,33
F3	0,66	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	1,00	0,33	0,66	1,00	0,66	0,00	0,66	1,00
F4		0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50
F5	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
F6	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00		0,00	0,00	1,00
F7	0,33	0,33	0,33	0,33	0,66	0,66	0,66	0,00	0,66	0,00	0,33	0,66	0,00	0,33
F8	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00	1,00	1,00
F9		0,00	0,00	1,00		0,00	0,00		0,00	1,00	0,00	0,00		1,00
F10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00
F11		0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00
F12	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00		1,00	1,00	0,00
F13	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F14	1,00	1,00	1,00		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00		0,00	0,00	1,00
F15		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33	0,33
F16		1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00		0,00	0,00	0,00
F17	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
F18	0,33	0,33	0,33		0,33	0,33	0,33	0,33	0,00	0,33		0,66	0,33	0,33
F19	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F20	0,25	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
F21	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50
F22	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00	0,00
F23	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00		0,00	0,50	0,00	0,50
F24	0,00	0,00	0,00		0,00	0,50		1,00	1,00	0,50	0,50	0,00	0,50	0,00
	5,57	10,98	11,48	4,91	12,90	14,06	9,56	11,40	9,40	11,81	12,23	7,58	7,65	11,07

Auswertung Kontrollgruppe

Item	25	25	25	24	24	24	50	50	48	48	48	45	45	45	44	44	44
F1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
F2		0,66	0,66	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33	0,00	0,00		0,00	0,66	0,66	0,33	0,33	0,33
F3	0,66	1,00	1,00	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00
F4	0,00	1,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,50
F5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
F6	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
F7	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00	0,66	0,66	0,33	0,66	0,33	0,33	0,33	0,33
F8		1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	0,00
F9		1,00	0,00		0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			0,00		0,00	0,00
F10	0,00	0,50	0,33	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
F11		1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
F12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
F13	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
F14	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00
F15		0,33	0,00	0,33		0,00	0,33	0,33	0,33	0,66	0,33	0,66	0,66	0,33	0,33	0,33	0,00
F16		1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
F17	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00
F18	0,33	0,66	0,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,33
F19		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00
F20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
F21	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00		0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	0,00	0,50	0,00
F22	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
F23	0,00	1,00	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
F24	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6,57	17,40	14,90	7,07	9,41	10,74	8,57	9,57	9,91	7,82	10,40	14,24	10,07	11,56	12,73	9,90	10,57
																	9,24

Auswertung Kontrollgruppe

Item	30	30	29	29	29	28	28	28	23	23	23	22	22	22
F1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F2	0,00	0,00	0,33	0,33	0,66	0,66	0,66	0,33	0,33	0,00	0,33	0,33	0,33	0,33
F3		0,66	0,33	0,66	0,66	1,00	1,00	1,00	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,33
F4	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,50
F5	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
F7		0,00	0,66		0,33	0,66	0,66	0,66	1,00	0,66	1,00	0,33	0,66	0,66
F8	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F9		0,00	0,00			0,00	0,00	0,00					0,00	0,00
F10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F11	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00		0,00	1,00	1,00	1,00
F12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
F13	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
F14	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F15		0,00	0,00	0,33	0,33	0,66	0,33	0,00	0,33	0,33	0,66	0,33	0,66	0,66
F16	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00			1,00	0,00	1,00	
F17	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F18	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,66	0,00	0,33	0,33
F19	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
F20	0,25	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25	0,25	0,25
F21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00
F22	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	1,00	1,00
F23		0,50	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
F24	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50
	4,08	7,49	9,57	10,07	10,23	10,56	9,73	12,90	10,57	9,07	10,31	8,90	12,89	10,56

Auswertung Versuchsgruppe

Item	39	39	37	37	36	36	36	32	32	9	9	6	6	6
F1	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
F2	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,66	0,66	0,66	0,66	0,33	0,66		0,66	0,66
F3	0,25	0,33	0,33	0,66	0,33	0,66	0,33		0,33	0,33	0,66	0,66	1,00	1,00
F4	0,50	0,50	0,50	0,00		1,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50
F5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
F6	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	1,00	0,33	0,66	0,00	1,00	0,66	0,00	0,33	0,33	0,33	1,00	0,66	0,33	0,66
F8	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F9		0,00		0,00		1,00			0,00		0,00		1,00	1,00
F10	0,00	1,00		0,00	0,50	0,00	0,50		0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
F11	0,00	1,00		1,00		1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00
F12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00
F13	0,00	1,00		0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F14	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00		0,00	1,00
F15	0,33	0,66	0,66	0,33	0,00	0,00	0,66	0,33	0,33	0,00	0,33	1,00		0,66
F16	0,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00		0,00		0,00	0,00
F17	0,00	0,00		1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
F18	0,66	0,66	1,00	0,33		0,66	0,33	0,33	0,33	0,33	0,75		0,00	0,33
F19	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
F20	0,25	0,75	0,50		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25		0,25	0,25
F21	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F22	1,00	1,00		1,00		0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00		0,00	0,00
F23	0,00	1,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50		1,00	0,50
F24	0,50	0,50		0,00		0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,50		0,00	0,00
	10,32	16,56	16,48	7,49	12,90	8,90	9,40	10,40	10,73	12,40	8,90	12,49	4,99	12,06

Auswertung Versuchsgruppe

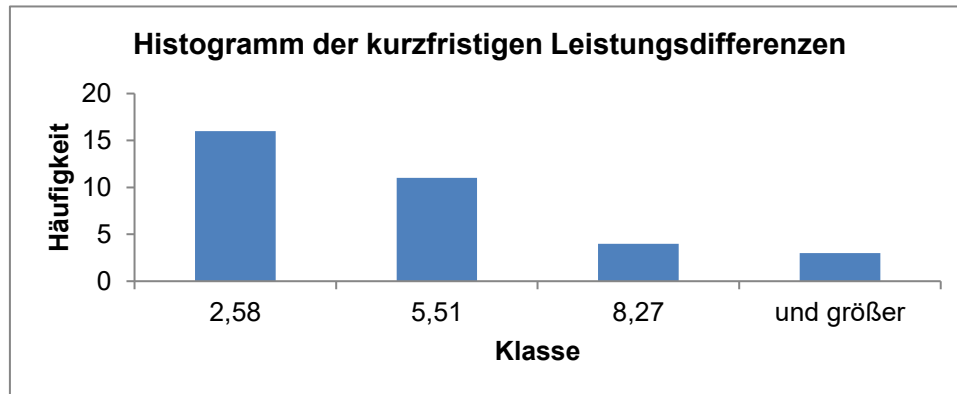
Item	5	5	2	2	3	3	4	4	7	7	8	8	8					
F1		1,00		1,00	0,00			0,00		1,00	1,00	1,00	1,00					
F2	0,66	0,33		0,33	0,33	0,00		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00					
F3	0,33	0,66	0,33	0,66	0,33	0,66		0,33	0,33	1,00	0,33	0,66	0,33					
F4		0,00	0,00	0,00	0,00	0,50		0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50					
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00		1,00	0,00	0,00	0,00					
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
F7	0,33	0,33	1,00	0,00	0,66	1,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,66	0,33	0,66					
F8	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	1,00	0,00	0,00					
F9		0,00			0,00	0,00		0,00		0,00	0,00		0,00					
F10	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,50		0,00	0,00	0,00					
F11		1,00	0,00		1,00	1,00		1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00					
F12		1,00		1,00	1,00	1,00		0,00		1,00	0,00	0,00	1,00					
F13	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00		1,00		0,00	1,00	1,00	1,00					
F14		1,00		1,00	1,00	0,00		0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00					
F15	0,00	0,00		0,33	0,00	0,00		0,33	0,00	0,33	0,33	0,33	0,33					
F16	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00					
F17		0,00		0,00	1,00	0,00		1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00					
F18		0,00		0,66	0,33			0,33	0,66		0,00	0,00	0,00					
F19	0,00	0,00		0,00	1,00	1,00		1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00					
F20	0,25			0,25	0,25			0,25	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25					
F21	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00					
F22		0,00		0,00	0,00	1,00		0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00					
F23		0,00		0,00	0,00	0,00		0,50	0,00	1,00	0,50	0,50	0,00					
F24	0,00	0,00		0,00	0,00	0,50		0,50		0,00	0,50	0,50	0,00					
	4,57	8,32	11,40	0,33	9,32	9,90	3,83	9,66	9,82	1,33	10,07	5,99	6,49	13,40	10,48	8,07	9,40	7,07

Auswertung Versuchsgruppe

Item	10	10	10	33	33	33	34	34	34	35	35	35	38	38	38
F1		0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
F2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	1,00	0,33	0,66	0,66	0,66	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00
F3	0,33	0,33	0,33	0,00	0,33	0,33	0,00	0,66	0,33	0,66	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
F4	0,00	0,50	0,50		0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50
F5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
F6	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	0,33	0,66	0,66	0,33	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,66	1,00	0,33	0,66	0,66
F8		1,00	1,00		1,00	1,00		0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
F9	0,00	0,00	0,00			1,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
F10	0,00	0,00	0,00		0,50	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00
F11	0,00		0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
F12	1,00		1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
F13	0,00		0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F14	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00		1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
F15	0,33	0,33	0,66	0,33	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,33	0,00
F16	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00
F17	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
F18	0,33	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,00	0,33	0,33	0,33	0,33
F19	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
F20		0,50	0,50	0,25	0,50	0,25	0,25	0,75	0,50	1,00	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25
F21	0,50	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
F22	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F23	0,50	0,50	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	0,33	1,00	0,50	0,00	0,50	0,00
F24	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	7,48	9,48	9,14	7,90	8,98	10,08	4,91	8,40	9,32	9,14	14,15	9,49	8,40	8,23	9,07

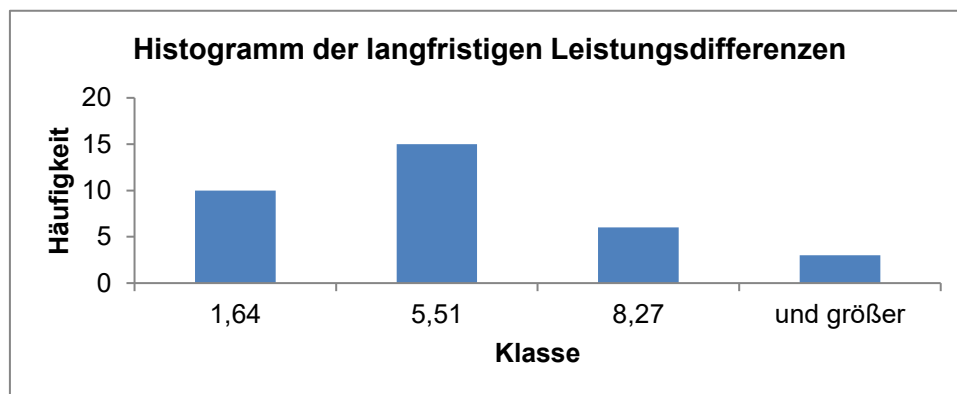
Berechnung der Häufigkeitsverteilung (Differenz Pre-Post-Erhebung)

<i>Punktwert</i>	<i>Klasse</i>	<i>Häufigkeit</i>
≤2,58	2,58	16
2,59-5,33	5,51	11
5,34-8,1	8,27	4
≥8,2	und größer	3



Berechnung der Häufigkeitsverteilung (Differenz Pre-Follow-Up-Erhebung)

<i>Punktwerte</i>	<i>Klasse</i>	<i>Häufigkeit</i>
≤1,64	1,64	10
1,65-4,29	5,51	15
4,30-6,94	8,27	6
6,95-9,59	und größer	3



Berechnung des Mann-Whitney-U-Tests

Gruppe	Pre-Post Diff.	Ränge	Gruppe	Pre-FU-Diff.	Ränge
VG	6,24	6	VG	6,16	7
VG	5,41	8	VG	1,83	22
VG	0,5	30	VG	0,16	32
VG	0,33	31	VG	2	20
VG	3,59	14	VG	3,49	16
VG	5,24	10	VG	7,07	4
VG	3,75	13	VG	6,83	5
VG	8,99	2	VG	9,57	1
VG	5,83	7	VG	5,99	8
VG	8,74	3	VG	4,66	11
VG	6,91	5	VG	3,99	13
VG	1,33	25	VG	-1	34
VG	2	22	VG	1,66	23
VG	1,08	27	VG	2,18	19
VG	3,49	15	VG	4,41	12
VG	5,01	11	VG	0,35	30
VG	-0,17	34	VG	0,67	27
KG	5,41	8	KG	5,91	9
KG	7,99	4	KG	9,15	2
KG	1,84	23	KG	0,34	31
KG	2,41	20	KG	2,83	17
KG	0,32	32	KG	0,07	33
KG	2,85	18	KG	3,68	14
KG	10,83	1	KG	8,33	3
KG	2,34	21	KG	3,67	15
KG	1	28	KG	1,34	25
KG	2,58	19	KG	6,42	6
KG	1,49	24	KG	2,66	18
KG	0,67	29	KG	0,66	28
KG	3,41	16	KG	5,49	10
KG	0,16	33	KG	0,49	29
KG	3,17	17	KG	0,84	26
KG	1,24	26	KG	1,9	21
KG	3,99	12	KG	1,66	23

Berechnung für Punktedifferenzen zwischen Pre- und Post-Erhebung

	Rangsumme (R)	Anzahl (n)	U-Statistik I	U-Statistik II
VG	263	17	110,00	171,00
KG	331	17	178,00	103,00
		U	110,00	103,00

kritischer Wert	±1,96
z	-1,41
p-Wert	0,16

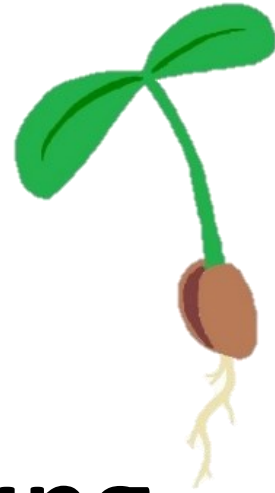
Berechnung für Punktedifferenzen zwischen Pre- und Follow-Up-Erhebung

	Rangsumme (R)	Anzahl (n)	U-Statistik I	U-Statistik II
VG	284	17	131,00	150,00
KG	310	17	157,00	124,00
		U	132,00	124,00

kritischer Wert	±1,96
z	-0,51
p-Wert	0,58

$$U - \text{Statistik I} = \text{Rangsumme} - \frac{(n \cdot (n + 1))}{2}$$

$$U - \text{Statistik II} = n_1 \cdot n_2 \frac{(n_1 \cdot (n_1 + 1))}{2} - R_1$$



Fortpflanzung von Pflanzen



Aufgabe 1 – Pflanzenverständnis: Eine Blüte besteht aus mehreren Teilen. Findest du die Bestandteile auch an einer echten Blüte? Vergleiche die Abbildung mit deiner Blüte.

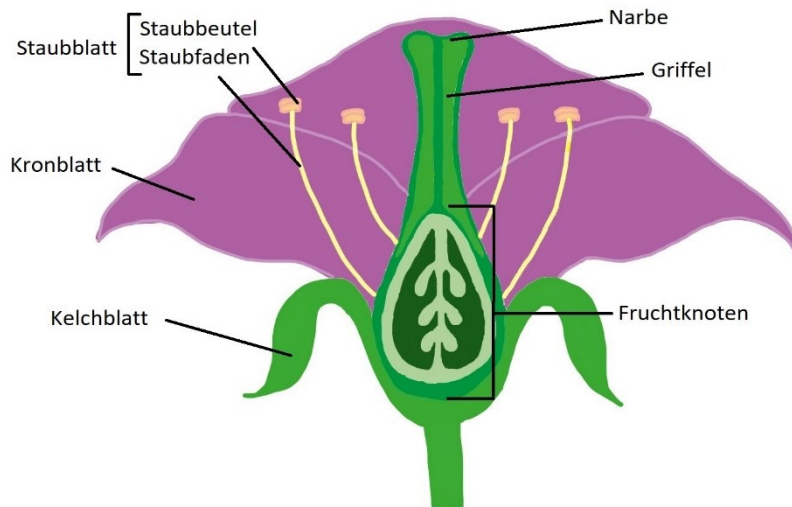


Abb.: 1 Der Aufbau der Blüte (Deutsch)

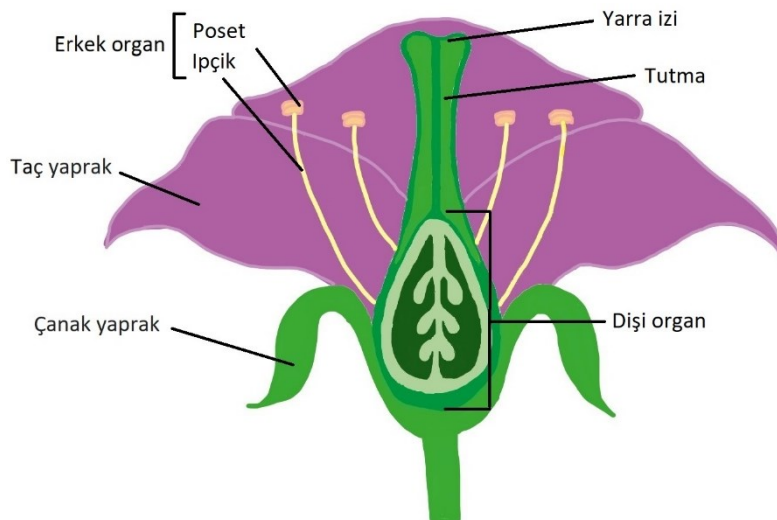


Abb.: 2 Der Aufbau der Blüte (Türkisch)

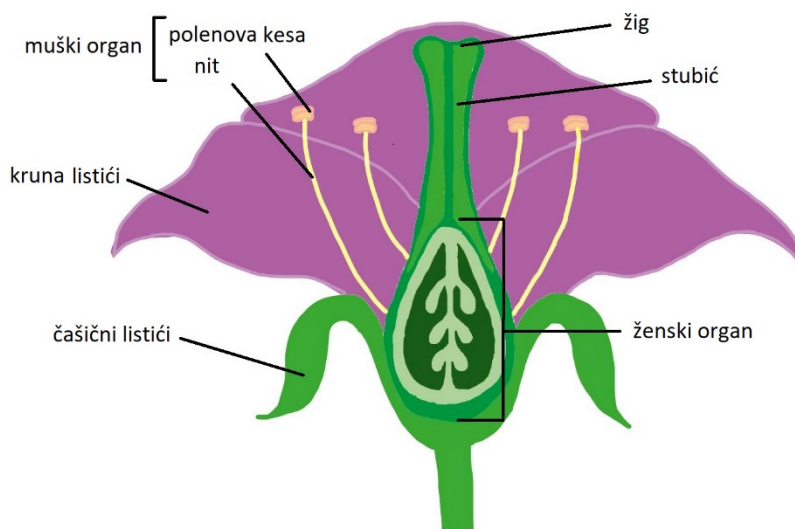
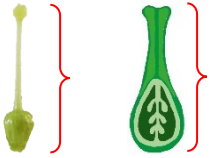

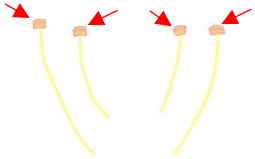




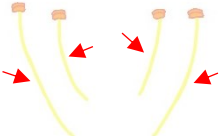



Abb.: 3 Der Aufbau der Blüte (Serbisch/Kroatisch)

Aufgabe 2 – Blütenaufbau: Die Fachsprache und die Alltagssprache verwenden oft die gleichen Wörter für unterschiedliche Dinge. Verbinde die Begriffe mit den richtigen Abbildungen aus der Fachsprache und aus der Alltagssprache.

Fachsprache in Biologie		Alltagssprache
	Fruchtknoten	
	Narbe	
	Staubfaden	
	Staubbeutel	
	Stempel	

Aufgabe 3 – Blütenaufbau: Fotografiere mit deinem Handy in 2 Minuten so viele verschiedene Blüten wie möglich.

Wie viele verschiedene Blüten hast du fotografiert? _____

Aufgabe 4 – Blütenaufbau: Zähle die Blätter der Blüte. Du kannst dir die Blüte selbst aussuchen.

Name der Pflanze: _____



Kelchblätter: _____



Kronblätter: _____



Staubblätter: _____

Aufgabe 5 – Blumensuche: Finde heraus, wieso viele Blüten so schön bunt sind. Blättere auf die nächste Seite und kreise so viele Blüten ein wie möglich! Du hast nur 5 Sekunden Zeit.

Ich habe _____ Blüten eingekreist.

Welche Blüten hast du am leichtesten gefunden? _____



Abb.: 4 Suchspiel-Blumenwiese

Aufgabe 6 – Sexuelle Fortpflanzung (Die Bestäubung):

War dein Rüssel kurz oder lang?

☐ lang ☐ kurz

Bei welchem Blütenmodell konntest du Nektar sammeln?

☐ gelb ☐ orange ☐ beide

Hast du die gelben Flecken absichtlich auf den Socken gemacht?

☐ ja ☐ nein

Überlege: Gibt es Tiere, die an den Nektar der Blüte kommen, ohne sie dabei zu bestäuben?

Was hat das Kurkumapulver dargestellt? _____

Beschreibe, wieso du gelbe Flecken auf deinem Socken hast. Was haben die Flecken auf dem Socken mit der Bestäubung zu tun? Verwende dafür die Wörter aus der Box:

Insekten – Nektar – unabsichtlich – Blüte – Pollen

Der Pollen: entsteht in den Staubbeuteln der Blüte und besteht aus vielen winzig kleinen Pollenkörnern. Aus diesen Pollenkörnern entwickeln sich dann die männlichen Geschlechtszellen (Spermazellen), die für die Fortpflanzung der Pflanze gebraucht werden. Achtung: Der Pollen ist die Gesamtheit der Pollenkörner – 1 Pollen gibt es also nicht, sondern nur 1 Pollenkorn!

Aufgabe 7 – Pollenschlauchwachstum

Schreibe die Wörter in die richtigen Lücken im Text.

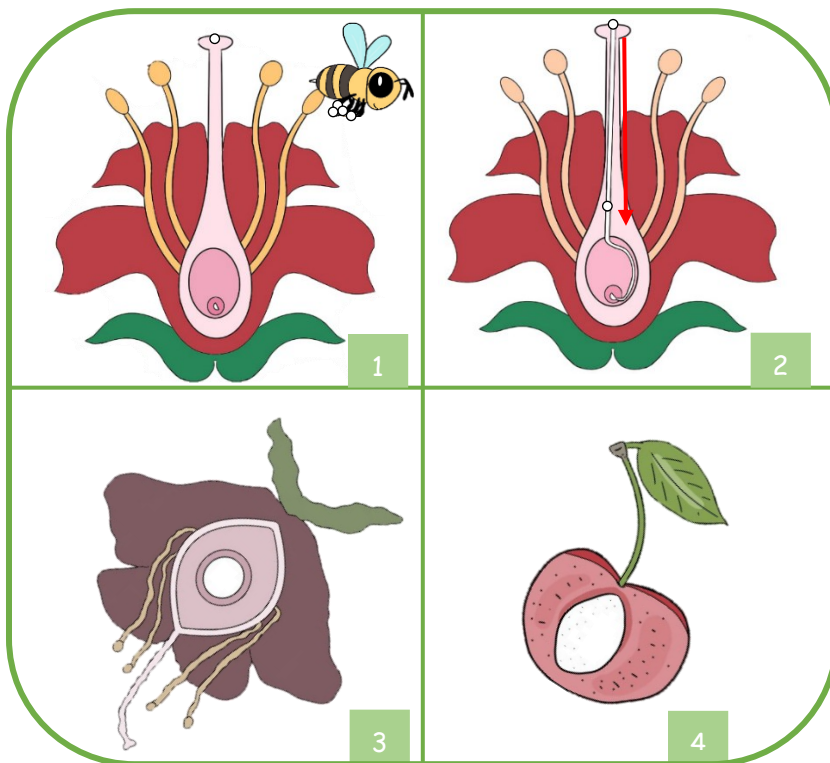
Narbe Pollenschlauch Öffnung Befruchtung

Der Pollenschlauch wächst circa **1cm pro Stunde!**
Es gibt keine pflanzliche Zelle, die schneller wachsen kann!

Landet ein **Pollenkorn** auf der _____ einer Pflanze, beginnt es auszukeimen. Dabei entsteht der _____. Er wächst durch den Griffel hinunter zum Fruchtknoten. Nachdem der Pollenschlauch durch eine kleine _____ zur Samenanlage gelangt ist, findet die _____ statt.

Aufgabe 8 – Von der Bestäubung bis zur Frucht

Formuliere zu jeder Abbildung einen ganzen Satz. Die Wörter in der Box helfen dir dabei.



- 1:** bestäuben – Pollenkorn
– landen – Narbe
- 2:** wachsen –
Pollenschlauch –
Befruchtung
- 3:** Blüte – verwelken
- 4:** Frucht – entwickeln

Abb.: 5 Pollenschlauchwachstum und Fruchtentstehung

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____

Aufgabe 9 – Sexuelle Fortpflanzung (Frucht- und Samenausbreitung):

Suche 3 Minuten lang **Samen** im Park!
Bringe deine Funde anschließend zum Tisch.

Schaue dir die Funde genau an. Findest du die Samen?

Kreuze danach an, ob du Früchte, Samen oder beides gefunden hast.

☐ Früchte ☐ Samen ☐ beides

Wie breiten sich Samen und/oder Früchte aus? Suche zwei Beispiele und entscheide, ob sie sich über Wind, Tiere oder die Pflanze selbst ausbreiten.

Beispiel 1: _____ Ausbreitung: _____

Beispiel 2: _____ Ausbreitung: _____

Der Same: der Teil einer Pflanze, der der Ausbreitung/Vermehrung dient. Er entsteht nach der Befruchtung im Fruchtknoten. Achtung! Der Begriff *Samen* wird nur in der Botanik verwendet und hat nichts mit der menschlichen „Samenzelle“ zu tun – diese wird *Spermium* genannt!

Aufgabe 10 – Asexuelle Fortpflanzung:

Bei vielen Pflanzen gibt es auch die Möglichkeit der Fortpflanzung ohne Geschlechtszellen (=Eizelle, Spermazelle). Dafür bildet die Pflanze **Klone**. Die Pflanze hat verschiedene Möglichkeiten für die asexuelle Fortpflanzung:

- **Ausläufer/Ableger:** kleine Jungpflanzen wachsen (meist seitlich) von einer großen Pflanze weg (siehe Abbildung der Erdbeere)
- **Absenker:** ein Teil der Pflanze (z. B. ein Ast) kommt mit dem Boden in Berührung, bildet dort Wurzeln und wächst zu einer neuen Pflanze.

Brauchen Pflanzen für die asexuelle Fortpflanzung Blüten?

Gibt es Pflanzen, die sich **asexuell** und **sexuell** fortpflanzen können?

Der Klon: ein Nachkommen, der genetisch genau gleich ist, wie ein anderes Lebewesen.
asexuell: Fortpflanzung ohne Ei- und Spermazelle → Klone
sexuell: Fortpflanzung mit Ei- und Spermazelle



Aufgabe 11 – Asexuelle Fortpflanzung:

Suche im Park nach 1-2 Pflanzen, die sich **asexuell** (also ohne Bestäubung) fortpflanzen können.

Stelle Vermutungen auf, wieso du denkst, dass daraus eine neue Pflanze wachsen kann.
Formuliere deinen Satz so:

„Ich bin der Meinung, dass sich _____ asexuell fortpflanzt, weil _____“.

Beispiel 1: _____

Beispiel 2: _____

Aufgabe 12 – Asexuelle und sexuelle Fortpflanzung (Vor- und Nachteile):

Überlege, was Vor- und Nachteile von sexueller und asexueller Fortpflanzung sein könnten.

	Vorteile	Nachteile
Sexuelle Fortpflanzung		
Asexuelle Fortpflanzung		

Aufgabe 13 – Keimung: Samen dienen der Fortpflanzung und Verbreitung von Pflanzen. Sie bestehen immer aus Schale, Embryo und Nährgewebe aber sie können trotzdem ganz unterschiedlich aussehen.

Erkläre in eigenen Worten, was das Wort „keimen“ bedeutet.

Tipp: Die kleine Infobox kann dir dabei helfen.

Der Embryo: wird auch Keimling genannt und ist eine Jungpflanze.

Das Nährgewebe: dient der Ernährung des Embryos
keimen: wenn ein Same beginnt, sich zu entwickeln



Aufgabe 14: Lebenszyklus der Erbse

Ordne die Bilder der Reihenfolge nach. Trage dafür die Zahlen 1-5 in die Kästchen ein. Beginne beim Keimling.



Abb.: 6 Erbse (Hülse mit Samen)

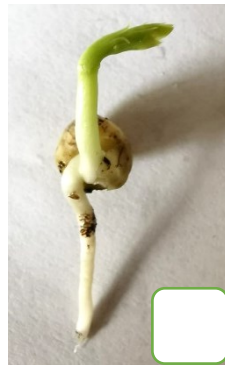


Abb.: 8 Erbse (Keimling)



Abb.: 7 Erbse (Pflanze mit Hülsen)



Abb.: 9 Erbse (Jungpflanze)



Abb.: 10 Erbse (Blütenstand)

Aufgabe 15: Versuch zur Keimung

Versucht nun selbst, eine Erbse keimen zu lassen!
Für den Versuch braucht ihr:

- ✓ 1 Erbsensame
- ✓ 1 Blumentopf
- ✓ Erde
- ✓ Löffel
- ✓ Wasser



Abb.: 11 Erbsenkeimling

Durchführung: Der Blumentopf wird mit einem Löffel halbvoll mit Erde gefüllt. Jetzt wird ein Erbsensame in den Topf gegeben. Nun wird die restliche Erde eingefüllt, sodass der Same bedeckt ist. Zum Schluss wird der Blumentopf mit Wasser gegossen.

Beschriftet euren Blumentopf mit euren Namen und stellt ihn ans Fensterbrett.

Stellt eine Vermutung auf, was mit dem Samen passiert. Begründet eure Vermutung.

, weil _____

Beobachtet euren Samen 1 Woche lang. Haltet eure Beobachtungen in der Tabelle fest:

Datum	Beobachtungen

Abbildungsverzeichnis:

Abb.: 1 Der Aufbau der Blüte (Deutsch) ©Isabella Haidl (2021).....	108
Abb.: 2 Der Aufbau der Blüte (Türkisch) ©Isabella Haidl (2021)	108
Abb.: 3 Der Aufbau der Blüte (Serbisch/Kroatisch) ©Isabella Haidl (2021).....	108
Abb.: 4 Suchspiel-Blumenwiese ©Jennifer Hochstöger (2021)	111
Abb.: 5 Pollenschlauchwachstum und Fruchtentstehung.....	113
verändert nach ©Jennifer Hochstöger (2021) nach ©Ian Alexander unter https://en.wikipedia.org/wiki/ABC_model_of_flower_development#/media/File:ABC_Model.svg	
Abb.: 8 Erbse (Hülse mit Samen) ©Isabella Haidl (2021).....	116
Abb.: 6 Erbse (Pflanze mit Hülsen)	116
Abb.: 7 Erbse (Keimling)	116
© Plantura GmbH unter https://www.plantura.garden/leserfragen-2/erbsen-pflanzen-und-erfolgreich-selbst-anbauen	
Abb.: 9 Erbse (Jungpflanze)	116
©meine ernte GmbH unter https://www.meine-ernte.de/gemuese-abc/erbse/	
Abb.: 10 Erbse (Blüten).....	116
© PPD unter https://pixnio.com/de/pflanzen/gruene-blaetter-erbse-pflanze-gemuese-blueten#	
Abb.: 11 Erbsenkeimling ©Isabella Haidl (2021).....	117

Unterrichtskonzept zum Thema „Fortpflanzung von Blütenpflanzen“




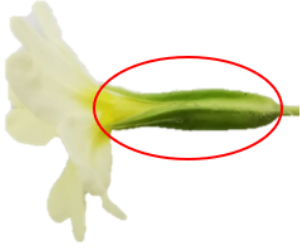
Modul 1 Pflanzenverständnis	<ul style="list-style-type: none">• Baum Strauch Kraut Pflanze-Spiel
Modul 2 Aufbau von Blütenpflanzen	<ul style="list-style-type: none">• Fotojagd• Fachsprache/Alltagssprache• Arbeiten mit echten Blüten
Modul 3.1 Sexuelle Fortpflanzung (Bestäubung)	<ul style="list-style-type: none">• Wieso sind manche Blüten bund?• Arten der Bestäubung• Kärtchenspiel• Blütenmodelle → Nektarsuche
Modul 3.2 Sexuelle Fortpflanzung (Pollenschlauchwachstum und Befruchtung)	<ul style="list-style-type: none">• Pollenschlauch-Modelle• Lückentext zum Pollenschlauchwachstum• Schematische Abbildung (Von der Bestäubung bis zur Frucht)
Modul 3.3 Sexuelle Fortpflanzung (Frucht- und Samenausbreitung)	<ul style="list-style-type: none">• Samensuche• Unterschied Same/Frucht• Ausbreitungsmöglichkeiten (Wind, Tiere, Pflanze selbst)
Modul 4 Asexuelle Fortpflanzung	<ul style="list-style-type: none">• Suche nach sich asexuell fortpflanzenden Pflanzen im Park (Vermutungen aufstellen)• Vor- und Nachteile asexueller und sexueller Fortpflanzung
Modul 5 Keimung	<ul style="list-style-type: none">• Wie keimt ein Same?• Lebenszyklus einer Erbsenpflanze• Versuch (Beobachtung von Keimung)


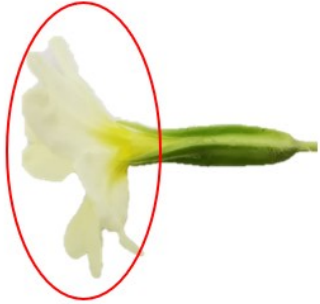

Modul	Modulname	Material	Aufgabe	Ablauf (5 Unterrichtseinheiten)	Zeit
1	Pflanzenverständnis			WEG IN DEN PARK	15
			1	Als Einstieg wird das Baum-Strauch-Kraut-Pflanze Spiel gespielt. Danach werden kurz die Unterschiede zwischen Baum, Strauch und Kraut werden besprochen.	10
		Lernheft Abbildung Handys	2	Anhand einer schematischen Abbildung wird den Lernenden der Aufbau einer Blüte erklärt. Hierbei wird darauf eingegangen, dass in der biologischen Fachsprache Begriffe für die Bestandteile der Blüte verwendet werden, die die SuS schon aus der Alltagssprache kennen (Aufgabe 2).	10
2	Blütenaufbau	Blüten von z.B. <i>Fragaria</i> , <i>Prunus</i> Lernheft	3	Anschließend sollen sie auf ‚Blütensuche‘ gehen: Die SuS laufen 2 Min. mit ihren Handys herum und sollen dabei so viele verschiedene Blüten wie möglich fotografieren	5
		Lernheft	4	Anschließend sollen die SuS anhand einer echten Blüte (z. B. <i>Fragaria</i> , <i>Prunus</i> ...) die Bestandteile der Blüte wiederholen und diese genauer betrachten, indem sie die Kelch-, Kron- und Staubblätter sowie den Stempel inspizieren (Aufgabe 4)	15
			5	Die SuS sollen die Aufgabe 5 im Lernheft machen, um zu merken, dass die bunten Blüten mehr Aufmerksamkeit auf sich lenken, als die grünen/braunen Blütenstände der Gräser. Anschließend sollen sie anhand ihrer Ergebnisse überlegen, wieso manche Blüten eigentlich bunt sind und so auf den Vorgang der Bestäubung kommen.	5
3.1	Sexuelle Fortpflanzung (Bestäubung)	Modell Kärtchenspiel-Karten		Die Lehrperson erklärt die Bestäubung mithilfe eines Modells und weist auf die verschiedenen Arten der Bestäubung hin (Wind/Tier). An dieser Stelle wird auch der Begriff „Blütenstaub“ als Synonym für „Pollen“ thematisiert. Um den Zusammenhang zwischen Blüten-Bestandteil und Funktion zu verdeutlichen, erhalten die SuS Kärtchen, auf denen entweder der Bestandteil der Blüte gezeichnet ist, deren Benennung steht oder deren Funktion bei der Fortpflanzung beschrieben ist (Kärtchenspiel). Sie müssen sich dann in den jeweiligen Blütenbestandteilen als Gruppen zusammenfinden.	15
				PAUSE	10

		Blütenmodelle Socken Pasteurpipetten Lernheft	6	Die Blütenmodelle werden nun im Park verteilt. Die SuS ziehen schwarze Socken auf ihre Hände und bekommen Pasteurpipetten in zwei verschiedenen Längen, mit der sie möglichst viel Nektar in 2 Minuten sammeln müssen. Nach dem Sammeln wird der Fokus auf die gelben (Kurkuma-)Flecken auf ihren Socken gelegt (Frage: „Habt ihr das absichtlich gemacht?“) → Hinweis darauf, dass auch die Bestäuber das nicht absichtlich machen. (Aufgabe 6). An dieser Stelle soll noch einmal erläutert werden, was das Kurkumapulver darstellen soll, um mögliche Verständnisfehler zu vermeiden. Die SuS überlegen zum Schluss noch, ob es auch Tiere geben könnte, die zwar an den Nektar der Pflanze kommen, diese jedoch nicht bestäuben (z. B. Käfer, die Löcher in die Blütenhüllen beißen).	25
3.2	Sexuelle Fortpflanzung (Pollenschlauchwachstum und Befruchtung)	Pollenschlauchmodell Lernheft	7	Anschließend erklärt die Lehrperson den Prozess des Pollenschlauchwachstums und der Befruchtung anhand des Modells von Lukas Trnka, sodass vermittelt wird, dass die sexuelle Fortpflanzung nach dem Auftragen der Pollen auf die Narbe nicht abgeschlossen ist (→ Befruchtung). Hierbei wird auch auf das besonders schnelle Wachstum des Pollenschlauchs hingewiesen. Die SuS bearbeiten anschließend den Lückentext im Lernheft (Aufgabe 7).	10
		Lernheft	8	Die SuS sollen im Rahmen der Aufgabe 8 die Schritte von der Bestäubung bis zur Fruchtentstehung schriftlich festhalten. Zur Hilfestellung dienen dabei Abbildungen sowie Schlüsselwörter in einer Wortbox.	10
3.3	Sexuelle Fortpflanzung (Frucht- und Samenausbreitung)	verschiedene Funde aus dem Park aufgeschnittenes Obst (Erdbeere, Banane, Apfel)		Die SuS werden nun für 3 Minuten auf Samensuche geschickt (Mögliche Funde: <i>Taraxacum</i> , <i>Acer</i> , <i>Pinus</i> ,...)	5
		diverse Samen und Früchte Lernheft	9	Ihre Funde werden gemeinsam mit dem mitgebrachten, aufgeschnittenen Obst zusammen gelegt. Nun sollen sie zuerst überlegen was davon Samen und was Früchte sind. Die Lehrperson fragt, was denn nun der Unterschied zwischen Samen und Früchten sein könnte (Aufgabe 9). Die Lehrperson weist an dieser Stelle auch auf die Problematik des Begriffs <i>Samen</i> für die männliche Geschlechtszelle hin. Die SuS sollen anschließend versuchen, die Samen in ihren Funden zu finden und anschließend auf Basis dessen entscheiden, was sie gefunden haben. Anhand zweier selbst ausgesuchter Beispiele überlegen, ob sich die Samen/Früchte über den Wind, Tiere oder die Pflanze selbst ausbreiten. (Aufgabe 9)	15

				PAUSE	10
4	Asexuelle Fortpflanzung	Lernheft Pflanzenmaterial aus dem Park Lernheft	10	Die LP erklärt den Unterschied zwischen sexueller und asexueller Fortpflanzung bei Pflanzen anhand bekannter Beispiele (Erdbeere, Erdäpfel...). Die SuS sollen überlegen, ob es auch Pflanzen gibt, die sich asexuell und sexuell fortpflanzen können und was die Vorteile davon sind (Aufgabe 10).	10
			11	Anschließend suchen die SuS 3 Min. lang im Park nach Pflanzen(teilen), von denen sie glauben, dass sie sich asexuell fortpflanzen können. Sie sollen Vermutungen aufstellen, weshalb sie glauben, dass die Pflanze sich asexuell fortpflanzen kann (Aufgabe 11).	15
			12	Die SuS überlegen anschließend, was Vor- und Nachteile von asexueller und sexueller Fortpflanzung sein könnten (Aufgabe 12). Diese Aufgabe kann situationsspezifisch als Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit oder auch im Plenum durchgeführt werden.	10
5	Keimung (am Schulstandort)	Lernheft Lernheft Blumentöpfe Anzuchterde Löffel Erbsensamen Wasser	13	In einem letzten Modul wird die Keimung thematisiert. Die SuS sollen sich dabei intensiver mit dem Verb „keimen“ beschäftigen und dessen Bedeutung in eigenen Worten wiedergeben (Aufgabe 13).	5
			14	Anschließend wird noch einmal die Verknüpfung zu den vorangegangenen Modulen hergestellt, indem die SuS verschiedene Bilder des Lebenszyklus einer Erbsenpflanze in die richtige Reihenfolge bringen sollen (Aufgabe 14)	5
				RÜCKKEHR ZUR SCHULE	15
			15	Zuletzt wird ein Versuch zur Keimung in der Schule durchgeführt (nicht außerschulisch). Die SuS sollen hierbei ihr erworbenes Wissen anwenden. Dazu wird ein Versuch durchgeführt, bei dem sie Vermutungen aufstellen sollen und ihre eingepflanzten Samen über eine Woche lang beobachten sollen (Die Auswertung findet in einer anderen Biologiestunde statt)	20

Kärtchen für das Spiel im Modul 3.1 (Das Folieren der Kärtchen wird empfohlen)

<p>Stempel žig Dişi organ</p>		<p>Mein unterer Bereich heißt Fruchtknoten. In ihm befinden sich die Samenanlagen, aus der sich der Same und die Frucht entwickeln. In den Samenanlagen sind die Eizellen. Mein mittlerer Teil ist der Griffel und mein oberster Teil ist die Narbe, die oft klebrig ist, damit die Pollenkörner kleben bleiben.</p>	
<p>Kelchblätter čaišni listići Çanak yaprak</p>		<p>Wir schützen die junge, zusammen gefaltene Blüte und sind meistens grün.</p>	

<p>Kronblätter krunični listići Taç yaprak</p>		<p>Wir schützen die Staubblätter und den Stempel. Außerdem lockt die auffällige Farbe und Form oft Tiere an.</p>	
<p>Staubblätter prašnik Erkek organ</p>		<p>Wir produzieren die Pollenkörner, in denen sich die männlichen Geschlechtszellen (Spermazellen) befinden. Wir bestehen aus zwei Teilen: dem Staubfaden und dem Staubbeutel.</p>	