
**„Mehr als nur Bestäubung“ – Schülervorstellungen zur
Bestäubungsbiologie und deren Implikationen für den Unterricht**
**“More than Pollination” – Students’ Conceptions of Pollination Biology and their
Implications for Teaching**

**Peter Lampert¹, Peter Pany¹, Martin Scheuch², Christine Heidinger¹, Michael
Kiehn³ und Suzanne Kapelari⁴**

*¹AECC Biologie, Universität Wien ²Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik, Wien ³Botanischer Garten,
Universität Wien ⁴Institut für Fachdidaktik, Universität Innsbruck*

ZUSAMMENFASSUNG

Der Prozess der Bestäubung stellt einen wichtigen Abschnitt in der sexuellen Vermehrung höherer Pflanzen dar und ist auch essentiell für das Verständnis der Vielfalt der Blütenpflanzen. Darüber hinaus wird der Bestäubungsbiologie aufgrund der aktuellen Diskussionen rund um das Bienensterben auch gesellschaftlich eine große Bedeutung beigemessen. Die Erforschung der Schülervorstellungen zu diesem Thema ist somit von großem fachdidaktischem Interesse. In der vorliegenden qualitativen Studie wurden deshalb Schülervorstellungen von sieben Schüler_innen der 5. Schulstufe zur Bestäubungsbiologie mithilfe von leitfadensorientierten Interviews erhoben und mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass Lernende nur mangelhaft zwischen Bestäubung und Samenausbreitung unterscheiden und Bestäubung häufig als beabsichtigte Handlung der Insekten sehen. Außerdem zeigen die Vorstellungen über den Zusammenhang von Blüten und Besuchern, dass bereits zu Beginn der 5. Schulstufe Vorstellungen zu Anpassung und Angepasstheit vorhanden sind, die im Unterricht zur Evolution berücksichtigt werden müssen. Diese erhobenen Schülervorstellungen werden mit der fachlichen Perspektive in Beziehung gesetzt und daraus ableitbare fachdidaktische Implikationen diskutiert.

Schlüsselwörter: Bestäubung, Schülervorstellungen, Didaktische Rekonstruktion

ABSTRACT

The process of pollination plays a major role in the lifecycle of plants and is important for understanding the variety of flowering plants. Pollination is also a current issue due to the colony collapse disorder of honeybees. Therefore, investigating students’ conceptions about pollination is highly relevant. The present study investigates conceptions of seven students from 5th grade using guided interviews with regard to pollination biology. Results show that students have serious difficulties differentiating between pollination and seed dispersal. Furthermore, there are differences between students’ conceptions and scientific conceptions as students often see pollination as a deliberate act of insects. Students’ conceptions about adaptations of flowers and their pollinators indicate that students’ from 5th grade use evolutionary conceptions which have to be considered when teaching evolution. Students’ conceptions will be discussed in relation to the scientific perspective to derive implications for teaching.

Key words: Pollination, Students’ Conceptions, Educational Reconstruction

1 Einleitung

Die Bestäubung stellt eine essentielle Phase im Entwicklungszyklus von Pflanzen dar und gelangte durch die aktuellen Diskussionen zum Bienensterben auch in den Fokus des öffentlichen Interesses. Die Problematik des Bienensterbens und die damit verbundenen Konsequenzen machen deutlich, dass das Thema Bestäubung auch in Landwirtschaft, Politik und Wirtschaft eine bedeutende Rolle spielt. Daher sollte es ein Ziel sein, die fachlichen Grundlagen der Bestäubungsbiologie im Biologieunterricht bestmöglich zu vermitteln. Um dieses Ziel zu erreichen ist eine Erforschung der diesbezüglichen Schülervorstellungen unerlässlich.

1.1 Bisherige Studien zu Schülervorstellungen zum Entwicklungszyklus von Pflanzen

Da die Bestäubung eine von mehreren Phasen im Entwicklungszyklus der Pflanzen darstellt, sind auch Untersuchungen von Schülervorstellungen¹ zu verschiedenen anderen Teilaspekten des Entwicklungszyklus von Blütenpflanzen für die vorliegende Studie relevant.

Schülervorstellungen zur Bedeutung der Blüte wurden in einer Longitudinalstudie von Helldén (1998) untersucht. Zu Beginn der Studie hatten die Schüler_innen oft anthropozentrische Vorstellungen zur Bedeutung der Blüten (z.B. Blüten sind schön für Menschen). Durch eine intensive Auseinandersetzung mit Pflanzen im Untersuchungszeitraum konnte der Anteil der Schüler_innen, die Blüten in Beziehung zur Fortpflanzung von Pflanzen stellen, deutlich erhöht werden. Dennoch gab es auch am Ende des 5-jährigen Untersuchungszeitraums noch viele Schüler_innen, die die Prozesse Bestäubung und Samenausbreitung nicht trennen konnten.

Schülervorstellungen zum Thema „Pflanzensamen“ wurden von Jewell (2002) in einer weiteren Studie erhoben. Hier zeigt sich, dass Konzepte von Samen schon früh vorhanden sind und schon junge Lernende (5-6 Jahre) Samen als solche erkennen. Interessanterweise wurden Samen von den Lernenden häufig nicht als lebendig und nicht als Pflanzenteil gesehen. Besonders wichtig im Hinblick auf die Bestäubungsbiologie sind die beobachteten Schwierigkeiten im Verständnis der Entstehung von Samen:

„[...]the children found it extremely difficult to explain how the apple seed came to be inside the apple.“ (Jewell, 2002, S.121).

Weitere Schülervorstellungen zum Entwicklungszyklus von Blütenpflanzen wurden von Benkowitz und Lehnert (2010) erhoben. Die Proband_innen sollten unterschiedliche Entwicklungsstadien einer einjährigen Blütenpflanze ordnen. Die Befragten aller Altersstufen hatten große Schwierigkeiten, die Entwicklung der Pflanze als Zyklus zu sehen. Proband_innen, die schon Erfahrungen mit Samen und Säen gesammelt hatten, zeigten die wissenschaftlich tragfähigsten Konzepte, was die Bedeutung möglichst direkter Erfahrungen unterstreicht.

Quinte (2016) beschäftigte sich mit Denkmodellen zum Lebenszyklus der Samenpflanzen. Ihre Ergebnisse zeigen, wie schwer es den Lernenden oftmals fällt, die verschiedenen Begriffe (Pollen, Blüte, Same, Frucht) und Prozesse (Bestäubung, Befruchtung, Frucht- und Samenbildung, Samenausbreitung) in einen fachlich richtigen Kontext zu stellen. Im Hinblick auf die Bestäubungsbiologie ist hervorzuheben, dass manche Schüler_innen Blüte und Frucht zwar in die richtige zeitliche Abfolge bringen, der Zusammenhang zwischen Blüte und Frucht dennoch unerkannt bleibt. Außerdem hängt die Beschreibung des Lebenszyklus stark vom gewählten Beispiel ab.

Zusammenfassend zeigen die angeführten Forschungsergebnisse, dass es den Lernenden sehr schwerfällt, die verschiedenen Entwicklungsstadien der Samenpflanzen richtig einzuordnen und die biologischen Zusammenhänge zu erkennen. Die Ergebnisse machen aber auch deutlich, dass die Lernenden viele Ideen, Alltagsvorstellungen und persönliche Erfahrungen mitbringen, an die im Unterricht angeknüpft werden kann.

1.2 Ziel der Studie

Um den Entwicklungszyklus der Blütenpflanzen zu verstehen, ist ein Verständnis des Bestäubungsprozesses essentiell, da das blühende Stadium nur vor diesem Hintergrund sinnvoll erklärt werden kann. Welche Vorstellungen Schüler_innen zu diesem

¹ Der Begriff „Schülervorstellungen“ hat sich historisch im Forschungskontext etabliert. Es werden damit aber immer alle Personen in ihrer Geschlechteridentität zusammengefasst.

Teilprozess der Entwicklung von Blütenpflanzen haben, wurde bisher jedoch noch nicht im Detail erforscht.

Die vorliegende Studie liefert einen Einblick in eben diese Vorstellungen von Schüler_innen zum Bestäubungsprozess. Dabei wurden Schülervorstellungen zu verschiedenen Teilgebieten der Bestäubungsbiologie erhoben und in Bezug zu den Fachinhalten gesetzt. Als Forschungsrahmen dient dabei das Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Neben den Vorstellungen zur Bedeutung der Bestäubung für die Fortpflanzung werden besonders die Vorstellungen zu Beziehungen zwischen Tieren und Pflanzen sowie Vorstellungen zur Anpassung von Blüten und Blütenbesuchern berücksichtigt, da diese Bereiche für ein Verständnis der blütenbiologischen Zusammenhänge essentiell sind. Die gewonnenen Erkenntnisse aus den Schülervorstellungen werden vor dem Hintergrund der fachlich geklärten Fachinhalte diskutiert und abschließend werden fachdidaktische Implikationen abgeleitet.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Der Begriff „Vorstellung“

In der Schülervorstellungsforschung werden unter Vorstellungen subjektive gedankliche Prozesse verstanden, die individuell konstruiert werden (Baalmann, Frerichs, Weitzel, Gropengießer & Kattmann, 2004). Innerhalb dieses Überbegriffs „Vorstellung“ erfolgt eine Unterscheidung zwischen „Begriff“, „Konzept“, „Denkfigur“ und „Theorie“ (Gropengießer, 1997). Mithilfe von „Begriffen“ werden Objekte unter Verwendung verschiedener Ausdrücke oder Fachwörter bezeichnet. Diese „Begriffe“ werden in „Konzepten“ miteinander verknüpft, um Sachverhalte zu beschreiben. Mehrere „Konzepte“ können wiederum zu „Denkfiguren“ vereinigt werden und dienen als Erklärungen auf einer komplexen Ebene. Werden diese „Denkfiguren“ schließlich zueinander in Beziehung gesetzt, können „Theorien“ gebildet werden, die die komplexeste Form der Schülervorstellungen darstellen (Gropengießer, 1997).

2.2 Konstruktivismus, Conceptual Change und Erfahrungsbasiertes Verstehen

Der moderate Konstruktivismus (Gerstenmaier & Mandl, 1995) stellt die Grundlage dar, wie „Lernen“ in diesem Beitrag verstanden wird. Demzufolge neh-

men Lernende Informationen, die sie durch eine externe Quelle erhalten, nicht einfach auf, sondern verknüpfen diese Informationen in einem individuellen konstruktiven Prozess mit ihren bisherigen Vorstellungen. Diese Erkenntnis bedingt die Notwendigkeit, bereits zu einem Fachinhalt bestehende, vorunterrichtliche Vorstellungen der Schüler_innen zu erforschen (Riemeier, 2007).

Die konstruktivistische Denkweise prägt auch die Conceptual Change-Theorie (Strike & Posner, 1992), die das Lernen als Wandel von Vorstellungen beschreibt. Die Vorstellungen, die Schüler_innen in den Unterricht mitbringen sind jedoch sehr stabil und werden oft auch dann noch angewendet, wenn Lernende bereits ein alternatives fachliches Konzept vorgestellt bekommen haben (Duit & Treagust, 2003). Da Lernen aus konstruktivistischer Perspektive eine Reorganisation von Wissensstrukturen darstellt, wird Conceptual Change in diesem Beitrag als Rekonstruktion (Conceptual Reconstruction) von Wissensstrukturen (Krüger, 2007) verstanden.

Mit der Frage, wie sich Vorstellungen entwickeln, beschäftigt sich die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (Gropengießer, 2007). Als Basis aller Vorstellungen gelten nach Lakoff & Johnson (2008) Erfahrungen. Wiederholte Erfahrungen führen schließlich zu sogenannten verkörperten Kognitionen (Gropengießer, 2007), die direkt aus der Interaktion zwischen Körper und Umwelt hervorgehen. In abstrakten Bereichen, die nicht direkt erfahrbar sind, werden hingegen Metaphern verwendet. Häufig werden auch Metaphern zum Vermitteln von abstrakten Fachinhalten eingesetzt (Gropengießer, 2007).

2.3 Didaktische Rekonstruktion

Aufbauend auf diesen Theorien wurde das Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997; Kattmann, 2007; Gropengießer, Harms & Kattmann, 2013) als Forschungsrahmen gewählt. Dieses stellt die drei Bereiche Fachliche Klärung, Lernpotenzial-Diagnose und Didaktische Struktur/Strukturierung miteinander in Wechselbeziehung.

Das Ziel der Fachlichen Klärung ist es, die fachwissenschaftlichen Hintergründe und Zusammenhänge eines Themas in Vermittlungsabsicht zu untersuchen. Die Lernpotenzialdiagnose versucht die Ausgangslage der Lernenden zu erfassen, was beispielsweise durch die Erhebung von Schülervorstellungen

geschehen kann. Fachliche Klärung und Lernpotenzial-Diagnose bilden die Grundlage für die Didaktische Strukturierung eines Themas. Alle drei Eckpunkte der didaktischen Rekonstruktion werden im Zuge der Forschung beständig miteinander in Beziehung gesetzt.

3 Design der Studie

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion wurde auf den Themenkomplex Bestäubungsbiologie angewandt und die Schritte der Fachlichen Klärung, der Lernpotenzial-Diagnose und der Didaktischen Strukturierung durchlaufen.

3.1 Fachliche Klärung

Die Fachliche Klärung wurde durchgeführt, um die wissenschaftliche Perspektive zum Thema Bestäubung zu erarbeiten. Es wurden deutsch- und englischsprachige Fachbücher zur Blütenbiologie (Fægri & van der Pijl, 1971; Heß, 1983; Leins & Erbar, 2008; Willmer, 2011), ein historisches Werk zur Blütenbiologie (Sprengel, 1793) und zwei Bücher mit gärtnerischem Schwerpunkt (Hintermeier & Hintermeier, 2002; Overy, 2000) untersucht.

Zur Analyse wurde die Methodik von Roseman, Stern und Koppal (2010) eingesetzt. Hier wird eine vorab erstellte Concept Map (Kinchin 2000, 2011) genutzt, um Lehrbücher zu untersuchen. Auf Grundlage der initiierten Textarbeit mit den Fachbüchern wurde eine solche Concept Map erstellt, die neben der Bestäubung auch die weiteren Prozesse der Fortpflanzung von Pflanzen umfasst. Die Bücher wurden schließlich analysiert, indem Inhalte und Querverbindungen in der Map markiert wurden. In der Map wurden zusätzlich verbale Kommentare eingefügt um sprachliche Besonderheiten, Zusatzinformationen und Querverweise festzuhalten. Ergänzend wurden zu jedem Buch noch weitere Leitfragen beantwortet.

Zusätzlich wurden in der Bestäubungsbiologie vorkommende Metaphern mithilfe einer Metaphernanalyse (Schmitt, 2010) untersucht. Die verwendeten Metaphern wurden schließlich mit Definitionen von Online-Lexika (www.duden.de; www.spektrum.de) verglichen, um herauszufinden, welche anderen Bedeutungen mit den Metaphern einhergehen. Metaphern werden in diesem Beitrag sehr grundlegend verstanden: „*The essence of metaphor is understanding and experiencing one kind of thing in terms of another*“ (Lakoff & Johnson, 2008, S. 5). Somit

können auch einzelne Fachtermini als Metaphern verstanden werden, wenn diese einen Sachverhalt im übertragenen Sinne beschreiben.

3.2 Lernpotenzial-Diagnose – Erhebung von Schülervorstellungen zur Bestäubung

In einem weiteren Arbeitsschritt, der Lernpotenzial-Diagnose, wurden Schülervorstellungen von sieben Schüler_innen mithilfe leitfadenorientierter Interviews erhoben. Diese Methode wurde gewählt, weil sie bereits in verschiedenen Arbeiten zur Didaktischen Rekonstruktion (u. a. Baalman et al., 2004; Gropengießer, 1997) erfolgreich war. Kattmann et al. (1997) verweisen explizit auf problemzentrierte Interviews als geeignete Methode zur Erhebung von Schülervorstellungen. Der Interviewleitfaden wurde in drei Probeinterviews erprobt und Fragen mit zu starkem „Wissenscharakter“ entfernt bzw. modifiziert, um dem nichtprüfenden Anspruch bei der Interviewführung gerecht zu werden.

Die Interviews wurden mit sieben Schüler_innen der 5. Schulstufe im Alter von 10 bis 11 Jahren im dritten Schulmonat geführt. Zielgruppe und Interviewzeitpunkt wurden deshalb gewählt, weil in Österreich in der 5. Schulstufe das Thema Bestäubung in den Schulbüchern und somit meist auch im Unterricht behandelt wird. Die Interviews mit den Schüler_innen fanden statt, bevor das Thema Blütenökologie im Unterricht im Gymnasium behandelt wurde. Die erhobenen Vorstellungen illustrieren somit, über welche Alltagsvorstellungen die Schüler_innen verfügen, bevor sie in der 5. Schulstufe mit dem Thema Blütenökologie konfrontiert werden. Durch diese Wahl der Zielgruppe sollte einerseits der praktische Nutzen für den Unterricht erhöht und andererseits der unbekannte Faktor „Welche Rolle spielt der gymnasiale Unterricht bei der Entwicklung der Vorstellungen?“ möglichst ausgeschaltet werden.

Die Auswahl der sieben Schüler_innen erfolgte nach freiwilligen Meldungen, wobei auf eine möglichst ausgeglichene Geschlechterverteilung (3 Schülerinnen, 4 Schüler) geachtet wurde. Zudem wurde nach den schulischen Leistungen in Biologie gestreut (2 mit schlechten schulischen Leistungen; 3 mit mittleren Leistungen; 2 mit guten Leistungen). Die Schüler_innen wurden zu Beginn des Interviews auf die Wahrung ihrer Anonymität und den nichtprüfenden Charakter des Interviews hingewiesen. Die Gespräche wurden mithilfe eines Tonbandgerätes aufgezeichnet.

Die Auswertung der Interviews erfolgte mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2003), bei der drei grundlegende Arbeitsschritte durchgeführt wurden. Im ersten Schritt des Redigierens wurde die Dialogform der transkribierten Interviews in eigenständige Aussagen der Schüler_innen überführt. Im zweiten Schritt wurden die redigierten Aussagen in verschiedene Kategorien geordnet. Diese Kategorien wurden teilweise deduktiv aus der analysierten Fachliteratur gebildet, jedoch entstanden auch zusätzliche induktive Kategorien im Verlauf der Analyse der Interviews. Von den in dieser Arbeit besprochenen Kategorien, sind die Kategorien „Bedeutung der Bestäubung für die Fortpflanzung“ und „Tier-Pflanzen-Beziehungen“ induktiver Natur, während die Kategorie „Vorstellungen zur Anpassung von Blüten und Besuchern“ deduktiv in Anlehnung an die Studie von Baalman, Frerichs, Weitzel, Gropengießer und Kattmann (2004) gebildet wurde. Im letzten Schritt, der sogenannten Einzelstrukturierung, wurden aus den geordneten Aussagen Konzepte und Denkfiguren innerhalb der angesprochenen Kategorien herausgearbeitet. Die im Kapitel „Ergebnisse“ angeführten redigierten Leitzitate illustrieren exemplarisch die Konzepte und Denkfiguren, wobei die angeführten Schülernamen nicht den tatsächlichen Vornamen entsprechen.

Die Ergebnisse der Fachlichen Klärung und der Lernpotenzial-Diagnose sollen für die didaktische Strukturierung genutzt werden. Der Fokus dieses Artikels liegt auf der Lernpotenzial-Diagnose, den Schülervorstellungen zur Bestäubungsbiologie. Die Ergebnisse der Fachlichen Klärung werden nur in jenem Maße angeführt, wie sie für die Interpretation und Diskussion der Schülervorstellungen relevant sind. Eine ausführliche Darstellung der Fachlichen Klärung findet sich bei Lampert, Scheuch und Kiehn (angenommen).

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der fachlichen Klärung

4.1.1 Bestäubung als Prozess im Entwicklungszyklus der Blütenpflanzen

Bei der Bestäubung der Blütenpflanzen wird Pollen, der die männlichen Geschlechtszellen enthält, auf

die Narbe (oberster Teil des weiblichen Fruchtblattes) derselben Art übertragen (vgl. Heß, 1983; Willmer, 2011). Nach der Bestäubung kann ausgehend vom Pollenkorn auf der Narbe ein Pollenschlauch (= männlicher Gametophyt) in Richtung der Samenanlagen wachsen, wo es zur Befruchtung der weiblichen Eizelle kommt. Bestäubung und Befruchtung dürfen somit nicht synonym verwendet werden, da zwischen Bestäubung und Befruchtung die Phase des Pollenschlauchwachstums stattfindet und nicht jeder Pollenschlauch eine Samenanlage erreicht (vgl. Leins, 2008). In historischen Werken findet man jedoch teilweise einen synonymen Gebrauch von Bestäubung und Befruchtung (vgl. Sprengel, 1793).

An die Befruchtung schließt die Reifung der Samen und die damit einhergehende Fruchtentwicklung an. Die reifen Früchte bzw. Samen werden schließlich ausgebreitet.² Aus den ausgebreiteten Samen kann eine neue Pflanze wachsen, die wiederum Blüten bildet, wodurch der Kreislauf von neuem beginnen kann. Die Bestäubung stellt die Voraussetzung für die nachfolgenden Prozesse der Befruchtung, Fruchtbildung und Frucht- und Samenausbreitung dar, sieht man vom Phänomen der Apomixis (Bildung von Samen ohne Befruchtung) ab (vgl. Willmer, 2011).

Für Pflanzen ist eine Fremdbestäubung (Pollen stammt von einem anderen Individuum derselben Art) vorteilhaft, jedoch sind zwischen den Blüten verschiedener Individuen teils beträchtliche Distanzen zu überwinden. Als Übertragungsvektoren für den Pollen kommen Tiere, Wind und Wasser in Frage. In Europa ist die Bestäubung durch Insekten am bedeutsamsten, aber auch Windbestäubung spielt eine große Rolle in verschiedenen Pflanzengruppen (z.B. bei Süßgräsern, Weidengewächsen, etc., vgl. Heß, 1983).

Warum besuchen Tiere die Blüten? Die Tiere suchen bei den Blüten insbesondere nach Nahrung in Form von Pollen oder Nektar. Aber auch andere Gründe (Suche nach einem Sexualpartner; Eiablage; Aufnahme von Ölen und Duftstoffen) können Auslöser für einen Blütenbesuch sein. Angelockt werden die Tiere vor allem durch optische und olfaktorische

² Der fachlich korrekte Sammelbegriff für Ausbreitungseinheiten (Samen, Früchte, etc.) lautet „Diaspore“. Im vorliegenden Beitrag wird dennoch statt „Diasporenausbreitung“ der Terminus „Samenausbreitung“ verwendet. Dieser Terminus wird insbesondere deshalb verwendet, da die Interviewpartner_innen selbst von Samen und nicht von Diasporen sprechen. Da im gegebenen Kontext Samen zumindest „mit“-ausgebreitet werden und der Fokus auf dem Prozess und nicht auf der Morphologie der Ausbreitungseinheiten liegt, scheint diese Vereinfachung gerechtfertigt.

Signale der Blüten. Die teilweise sehr gute Lernfähigkeit der Tiere kann zu einer sogenannten Blumenstetigkeit führen, bei der die Tiere nur bestimmte Pflanzenarten aufsuchen. Dieses blumenstete Verhalten ist für die Tiere vorteilhaft, da beispielsweise Nahrung effizienter gesammelt werden kann. Für Pflanzen bringt die Blumenstetigkeit ebenso Vorteile mit sich, da die Wahrscheinlichkeit, mit der Pollen der gleichen Art, die Narbe eines entsprechenden anderen Individuums erreicht, deutlich ansteigt. Strukturen, die ein blumenstetes Verhalten bzw. regelmäßige Besuche durch Tiere auslösen (Form, Duft, Nektar, Pollen, Öle etc.) können somit Pflanzen (evolutionäre) Vorteile bieten (vgl. Heß, 1983; Willmer, 2011).

Für die Tiere ist die Bestäubung ein Nebeneffekt des Blütenbesuchs, da sie bei der Nahrungssuche meist unweigerlich mit den Staubblättern bzw. den Fruchtblättern in Berührung kommen und so der Pollen aus dem Haar- bzw. Federkleid auf die Narbe gelangt. Kommt ein Besucher nicht mit den reproduktiven Organen in Kontakt, ist dieser im Hinblick auf die Bestäubung wertlos. Deshalb ist es unbedingt notwendig zwischen „Blütenbesucher“ und „Bestäuber“ zu differenzieren (Willmer, 2011). Eine „aktive Bestäubung“ findet sich nur in äußerst seltenen Fällen (aktuell 13 bekannte Fälle bei ca. 260 000 Arten von Bedecktsamern), von denen Yucca-Motten und Feigenwespen die bekanntesten Beispiele sind (vgl. Willmer, 2011). Im Laufe einer Co-Evolution zwischen Pflanzen und Besuchern entstand eine Vielfalt an morphologischen Strukturen und Verhaltensweisen, auf die an dieser Stelle nur verwiesen werden kann.

4.1.2 Bestäubung als Prozess im Entwicklungszyklus der Blütenpflanzen

„Blütenstaub“ ist ein zentraler Terminus der Bestäubungsbiologie, der metaphorisch zu verstehen ist. „Staub“ bezieht sich auf die Feinheit der Pollenkörner und auch der Terminus „Pollen“ hat nahezu denselben Ursprung (lat. pollen – feines Mehl). Der verwendete Wortteil „Staub“ bezieht sich im Alltagsgebrauch meist auf unbelebte Substanzen, wie etwa Mehl, Sand, Puder oder Dreck (vgl. www.duden.de), wohingegen Blütenstaub einer lebendigen Substanz entspricht, aus der der männliche Gametophyt wächst.

Die Verwendung von „Pollen“ und „Blütenstaub“ ist in den analysierten Fachbüchern nicht einheitlich. Während im historischen Werk von Sprengel (1793)

durchwegs von Blütenstaub (bzw. Staub) gesprochen wird, findet sich bei Leins und Erbar (2008) ausschließlich der Terminus Pollen. Dies ist dahingehend bemerkenswert, da das Staubblatt sprachlich nicht mit dem darin gebildeten „Blütenstaub“ verknüpft wird. Andere Fachbücher führen beide Termini ein, wobei „Blütenstaub“ insbesondere zu Beginn in Verbindung mit dem Blütenbau (Erklärung der Staubblätter) verwendet wird (vgl. Heß, 1983). Neben dieser Uneinheitlichkeit im Gebrauch von Pollen bzw. Blütenstaub zeigt sich auch, dass die Verknüpfung von übertragener Substanz und zugehörigem Prozess in der englischen Sprache klarer ist. Im Englischen findet sich das Wortpaar „pollen“ und „pollination“ (vgl. Willmer, 2011), wodurch die Verknüpfung von übertragener Substanz und dem zugehörigen Prozess sprachlich klar erkennbar ist. Im Deutschen ist diese Verknüpfung nur bei „Blütenstaub“ und „Bestäubung“ gegeben, da der Ausdruck „Pollination“, welcher zum Terminus „Pollen“ passen würde, nicht gebräuchlich ist. Betrachtet man den an die Bestäubung anknüpfenden Prozess des Pollenschlauchwachstums, fehlt jedoch die sprachliche Verknüpfung zwischen Blütenstaub und Pollenschlauch, die bei der Verwendung von „Pollen“ deutlicher wäre.

4.1.3 Metaphern zum Prozess der Bestäubung

In der Fachliteratur werden auch Metaphern verwendet, um den Prozess der Bestäubung zu umschreiben bzw. das Verhalten der Bestäuber zu beschreiben. Hierzu zählen die Wendungen „Transport“ (Heß, 1983; Leins & Erbar, 2008, Hintermeier & Hintermeier, 2002), „Übertragung“ (Heß, 1983), „Vermittlung“ (Leins & Erbar, 2008) sowie die Umschreibungen „tragen“, „bringen“ und „(Blüten)Besuch“. Alle diese Wendungen entsprechen unterschiedlich stark ausgeprägten Anthropomorphien.

Die Transportmetapher wird teilweise noch verstärkt, indem Tiere als „Spediteure“ bzw. „Transportunternehmer“ (Hintermeier & Hintermeier, 2002) bezeichnet werden oder von der „Benutzung von Insekten als neues Transportmittel“ (Leins & Erbar, 2008) gesprochen wird. Aus dieser Transportmetapher lässt sich ein aktiver Einsatz der Insekten zum Zwecke der Bestäubung ableiten. Die Transport-Metapher deutet den Zusammenhang „Bestäubung ist Arbeit“ an, wodurch die Bestäubung mit einer Berufsausübung verglichen wird. Der Fachbe-

griff für die Tierbestäubung, „Zoophilie“ (=Freundschaft mit Tieren), deutet hingegen auf den Zusammenhang „Bestäubung ist Freundschaftsdienst“ hin. Neben den eingangs beschriebenen Umschreibungen der Bestäubung sind weitere Anthropomorphien im Zusammenhang mit der Bestäubungsbiologie gebräuchlich: Tricks und Nachahmungen (Leins & Erbar, 2008); Angebot, Betrug und Werbung (Heß, 1983; Overy, 2000); Belohnungen und Lockmittel (Willmer, 2011) und viele mehr. Der bildhafte Charakter und die Grenzen der Metaphern werden in den Fachbüchern jedoch nur teilweise kenntlich gemacht. Eine durchgängige Metapher findet sich bei Overy (2000), bei der die Fortpflanzung der Pflanzen durchwegs mit der Sexualität des Menschen verglichen wird.

4.2 Schülervorstellungen zur Bestäubungsbiologie

4.2.1 Bedeutung der Bestäubung für die Fortpflanzung

Bei Fragen nach dem Ablauf der Bestäubung bzw. welche Begriffe die Schüler_innen mit dem Thema Bestäubung verbinden zeigten die interviewten Schüler_innen, dass ihnen verschiedene Fachbegriffe aus der Bestäubungsbiologie bekannt sind. So nutzten die Schüler_innen die Termini „Nektar“ und „Blütenstaub“ (manchmal umschrieben mit „Staub“) ohne dass diese zuvor durch den Interviewleitfaden vorweggenommen wurden. Im Verlauf der Interviews wurde jedoch deutlich, dass die verwendeten Fachtermini oft nicht eindeutig zugeordnet werden konnten. Dies trifft insbesondere auf die wichtigen Termini „Blütenstaub“, „Nektar“ und „Bestäubung“ zu.

Die erste Unklarheit betrifft die Bedeutung des Nektars. Für zwei Schüler_innen ist der Nektar jene Substanz, die gesammelt und bei der Bestäubung auf die anderen Pflanzen verteilt wird. Das folgende Ankerzitat illustriert diese Vorstellung:

[1-7] *Ja, vom Thema Bestäubung habe ich schon einmal gehört. Da sind zum Beispiel Bienen, die holen bzw. saugen Nektar auf und verteilen den dann über die Wiese und dann wachsen halt immer neue Blumen (Janine).*

Die Verwechslung von Nektar und Pollen ist ein Hinweis darauf, dass die Bedeutung des Pollens als Träger der männlichen Geschlechtszellen nicht in der Vorstellung verankert ist. Da sowohl Nektar als auch Pollen beim Blütenbesuch eine Rolle spielen,

bezieht sich diese Alltagsvorstellung dennoch auf den Prozess der Bestäubung.

Die zweite Unklarheit betrifft die Prozesse der Bestäubung und der Ausbreitung von Samen und Früchten. Hierbei kann unterschieden werden zwischen Vorstellungen, in denen Bestäubung und Samenausbreitung durchwegs vermengt werden und Vorstellungen, in denen die Vermengung der beiden Prozesse nur bei der „Windbestäubung“ besteht. Der erste Fall, dass „Bestäubung“ sowohl bei der Tier- als auch bei der Windbestäubung als „Ausbreitung“ beschrieben wird, wird durch das folgende Ankerzitat illustriert:

[29-37; 115-124] *Die Bestäubung stelle ich mir so vor, dass die Biene auf der Blume landet und der ganze Staub hängen bleibt. Wenn sie dann fliegt, fällt der Staub herunter. Der landet irgendwo auf dem Boden und wenn man Glück hat, setzt sich dort eine neue Blume an. (...) Eine andere Form der Bestäubung kenne ich zum Beispiel von der Mohnkapsel. Wenn da der Wind weht, dann geht sie hin und her und es fallen immer ein paar Samen heraus (Leon).*

Leon ordnet in seiner Vorstellung dem Vorgang der Bestäubung gleichzeitig den Pollentransport durch Insekten als auch die Samenausbreitung zu. Das Wort „Staub“ und das Anführen des Beispiels Biene weisen auf die Übertragung von Pollen hin. Leon kennt auch den Terminus „Same“, verwendet diesen aber erst im Zusammenhang mit der „Windbestäubung“. Dass aus dem „Staub“ direkt eine neue Pflanze wächst, lässt sich hingegen der Samenausbreitung zuordnen.

Bei anderen Schüler_innen zeigt sich diese Vermengung der zwei Prozesse bemerkenswerterweise nur bei der Windbestäubung, wie das folgende Ankerzitat verdeutlicht.

[22-38; 133-142] *Also unter „bestäubt“ stellte ich mir vor, dass das Insekt den Staub von den Blumen über andere fallen lässt. Also das Insekt fliegt in die Blume und hat glaube ich, den Staub von einer anderen Blume oder so. Und das gibt sie, bzw. sie nimmt es sich aus einer anderen Blume heraus. (...) Eine andere Form der Bestäubung gibt es zum Beispiel bei Bäumen, die haben Samen und es gibt Samen, die werden vom Wind weggeblasen. Die fliegen dann in die Erde und dann entstehen auch Blumen. Wenn der Samen wegfliht und irgendwo abstürzt, dann sickert das ein (Elias).*

Bei der Tierbestäubung wird der biologische Prozess der Bestäubung als Übertragung des Blütenstaubs auf andere Blumen beschrieben. Die Schilderung der „Windbestäubung“ entspricht hingegen eindeutig einer Beschreibung der Samenausbreitung. Dabei zeigt sich ein weiteres Phänomen, das sich auch in Leons Zitat (siehe oben) bemerkbar macht. Während bei der Tierbestäubung der „Staub“ die entscheidende Rolle spielt, wird bei der Windbestäubung plötzlich von „Samen“ gesprochen.

Trotz der Verwendung verschiedener Termini fällt es den Schüler_innen schwer, Blütenstaub und Samen zu unterscheiden oder einen Zusammenhang zwischen Bestäubung und der Bildung von Samen herzustellen, wie die folgenden Ankerzitate illustrieren.

[142-148] [...] Also die Bestäubung, da geht ein bisschen von der Biene ab, dann wird das zu einer Art Same in der Erde und das wächst dann wieder zu einer Blume (Alex).

[115-124] Samen und Bestäubung hängen für mich so zusammen, dass wenn bestäubt wird, dann wächst vielleicht eine neue Pflanze und das gleiche gilt für den Samen (Leon).

4.2.2 Vorstellungen zu Tier-Pflanzen-Beziehungen

Ein zweiter Schwerpunkt der Interviews lag auf den Vorstellungen zu Tier-Pflanzen-Beziehungen. Hierzu wurden die Schüler_innen einerseits gefragt, welche Gründe sie für den Blütenbesuch sehen. Zudem sollten die Schüler_innen eine Erklärung für die Existenz nektarproduzierender Pflanzen finden. Die erhobenen Vorstellungen zum Zusammenspiel der pollentragenden Insekten und der nektarproduzierenden Pflanzen können zwei Denkfiguren zugeordnet werden:

Die erste Denkfigur wird im Folgenden als **Bestäubung als Nebeneffekt** bezeichnet. Diese Vorstellung ist charakterisiert durch zwei Konzepte, die die Übertragung des Pollens als Begleiterscheinung der Nahrungssuche beschreiben. Ein erstes charakteristisches Konzept innerhalb dieser Denkfigur ist das Konzept „Nahrungssuche als Grund für den Blumenbesuch“. Folgendes Ankerzitat illustriert dieses Konzept:

[9-18] Die Insekten sind zu den Pflanzen hingeflogen, haben den Nektar eingesammelt und der ganze Pflanzenstaub ist auch darauf geblieben. Den haben sie dann verteilt, ohne dass sie es selber eigentlich wollen (Leon).

Dieses Konzept entspricht der fachwissenschaftlichen Sichtweise, da Nahrung in Form von Pollen und/oder Nektar aus biologischer Sicht die Hauptattraktionsmittel für Blütenbesucher sind, wenn man von seltener auftretenden Attraktionsmitteln absieht (vgl. Willmer, 2011).

Meist tritt dieses Konzept gemeinsam mit dem zweiten Konzept zur „Unbeabsichtigten Übertragung des Pollens“ auf. Die Lernenden, die über diese Denkfigur verfügen, gehen somit davon aus, dass die Tiere auf Nahrungssuche sind und nebenbei den Pollen von Blüte zu Blüte tragen.

Die zweite Denkfigur, **Bestäubung als Zweckbeziehung zwischen Blume und Besucher**, sieht die Beziehungen zwischen Tieren und Pflanzen vor einem anderen Hintergrund: Schüler_innen, die über diese Vorstellung verfügen, sehen die Bestäubung als gezielte und oft vorrangige Intention des Blumenbesuchers. Diese Denkfigur enthält drei charakteristische Konzepte.

Das erste enthaltene Konzept „Gezielter Transport des Blütenstaubs“ umfasst Vorstellungen, in denen die Tiere gezielt (manchmal umschrieben mit „bewusst“) den Blütenstaub von einer Blüte zur nächsten transportieren. Dieses tritt meistens gepaart mit einem zweiten Konzept auf, das „Bestäubung als Grund für den Blütenbesuch“ sieht. Wie diese zwei Konzepte gemeinsam angewandt werden, illustriert das folgende Leitzitat:

[39-46; 143-161] Ein Grund für die Insekten die Blumen zu besuchen ist, dass sie die Blüten zum Blühen bringen glaube ich. (...) Sie nehmen den Nektar und dann geben sie irgendwas anderes eben rein. (...) Der Unterschied zwischen dem Wind und den Tieren ist, dass der Wind kein Lebewesen ist. Aber wenn ein Tier das macht, dann ist es schon ein Lebewesen und macht es bewusst würde ich sagen. Und der Wind bläst zufällig Samen weg (Elias).

Das Leitzitat von Elias zeigt zusätzlich seine Unsicherheiten mit der Rolle der Bestäubung bei der Fortpflanzung, da er der Bestäubung einerseits die Funktion „zum Blühen bringen“ zuschreibt und im weiteren Verlauf eine Verwechslung mit der Samenausbreitung auftritt.

In besonders ausgeprägten Fällen wird die Bestäubung nicht nur als bewusste Tätigkeit gesehen, sondern geradezu als Job bzw. Aufgabe der Insekten interpretiert. Das folgende Leitzitat illustriert eine solche Vorstellung:

[146-161] Für das Tier ist das [Anm: das Bestäuben] so, wie eine Arbeit würde ich mal sagen, so, wie wenn ein Mann einen Beruf hat, zum Beispiel Blumensetzer. Der macht das auch jeden Tag, steht früh auf, geht dort hin und macht immer das Gleiche. Und bei dem Insekt, wenn das das macht, dann fliegt es auch immer hin und her jeden Tag und macht das so wie eine Arbeit. (...) Die Arbeit einer Wespe zum Beispiel ist das Bestäuben der Blumen (Elias).

Die Vorstellungen zur „Motivation“ für diese Zweckbeziehungen zeigen teilweise regelrechte Geschäftsbeziehungen zwischen Tier und Pflanze. So gibt es in einigen Fällen innerhalb der Denkfigur noch ein drittes Konzept, das die „Produktion von Nektar als Hilfe für die Besucher“ sieht. Daraus ergibt sich eine Beziehung, in der Tiere den Pflanzen durch die Bestäubung helfen, während die Pflanzen durch die Produktion von Nektar den Besuchern helfen.

[318-331] Es gibt so viele Pflanzen, die Nektar produzieren, weil das halt viele Tiere brauchen. Viele Tiere brauchen eben Nektar, damit sie das, z.B. die Bienen, umarbeiten zu Honig. Bei anderen Tieren auch, weil die das vielleicht auch essen müssen und wenn das halt die einzige Nahrung ist, die sie essen, dann müssen Pflanzen das produzieren. Weil sonst wäre das ja irgendwie naturmäßig nicht sehr intelligent, wenn irgendwie das so entstanden ist (Stefanie).

In welchem Verhältnis stehen die beiden Denkfiguren? Manche Interviewpartner_innen wenden vorwiegend Denkfigur 1 an und greifen nur „bei Bedarf“ auf die Denkfigur 2 zurück:

[70-88; 160-191] Schmetterling und Biene besuchen die Blumen, weil sie das brauchen. Die Bienen für den Honig und der Schmetterling braucht es wahrscheinlich auch zum Essen. (...) Die Bienen bestäuben es auch, damit es wachsen kann. Das ist halt Bestäuben. Ohne Bienen würde es auf der Erde eigentlich kein Leben geben (Stefanie).

Die Nahrungssuche wird hier als Teilaspekt des Blumenbesuchs gesehen, die Bestäubung wird jedoch als gezielte Tätigkeit durchgeführt. Es ist außerdem bemerkenswert, dass Stefanie insbesondere den Bienen diese Aufgabe zuschreibt, was auch bei einer weiteren Interviewpartnerin (Maria) der Fall war. Die Aufgabe des Bestäubens scheint regelrecht aus einer Notwendigkeit, und damit aus einer Pflicht heraus, zu entstehen.

4.2.3 Vorstellungen zur Anpassung von Blüten und Besuchern

Mithilfe eines Bildimpulses wurde das Gespräch auf das Thema Evolution, Angepasstheit und Anpassung gelenkt, ohne diese Begriffe selbst vorwegzunehmen. Der erste Teil des Impulses bestand aus einem Foto von *Angraecum sesquipedale*, einer Orchideenart mit einem über 30 cm langen Sporn. Als Ergänzung dazu wurde den Schüler_innen direkt im Anschluss ein Bild des Schwärmers *Xanthopan morgani* gezeigt und erklärt, dass dieser Schmetterling mit seinem langen Rüssel an den Nektar im Sporn von *Angraecum sesquipedale* gelangt und dabei die Orchidee bestäubt. Die Schüler_innen sollten ausgehend von diesem Impuls ihre Vorstellungen erläutern, wie sich solch extreme Rüssel- bzw. Spornlängen entwickeln konnten.

Die Aussagen der Schüler_innen wurden mit den Erkenntnissen von Baalman et al. (2004) verglichen. Alle erhobenen Vorstellungen konnten zu den dort beschriebenen Denkfiguren zugeordnet werden. Als erste Denkfigur im Kontext der Anpassung formulierten Baalman et al. (2004) das „Gezielte adaptive Handeln von Individuen“. Schüler_innen, die über diese Vorstellung verfügen, beschreiben häufig Individuen, die einen Umstand (etwa veränderte Umweltbedingungen) erkennen und darauf zielgerichtet reagieren indem sie sich dementsprechend anpassen. Diese Denkfigur wurde auch von Interviewpartner_innen angewandt, wie das Leitzitat exemplarisch zeigt:

[247-268] Ich glaube, dass der Schmetterlingsrüssel von Anfang an angepasst wird und dass es dann immer näher, immer mehr draufkommt, dass das praktischer ist, einen längeren Rüssel zu haben. Das Insekt streckt seinen Rüssel da rein, saugt das aus und wartet einfach drauf. (...) Ich glaube beim Schmetterling, dass es einfach ganz langsam draufkommt, die ganze Art drauf kommt, dass es leichter ist. (...) Ich glaube bei der Pflanze war es mit dem länger werden so, dass sie immer mehr versucht hat, ihre Sachen zu schützen, immer mehr (Alex).

Charakteristisch für diese Denkfigur ist, dass die Anpassung am Individuum abläuft, weshalb dieses Konzept als „Konzept des individuellen adaptiven Handelns“ bezeichnet wird. Besonders typisch für diese Denkfigur ist auch die Anpassungs-Erkennntnis. Dabei nehmen die Individuen die Situation wahr und handeln anschließend nach dieser Erkenntnis. Das „Draufkommen“ des Individuums stellt somit

den entscheidenden Auslöser für die Anpassung dar. Es wird von einer größeren Gruppe (die ganze Art) gesprochen, die diese Erkenntnis hat. Der verwendete Artbegriff ähnelt dabei der bei Baalman angesprochenen Erfahrung: „*Die eigene Rasse und auch Art werden [...] nicht als biologisch in sich variable Größe, sondern einheitlich und damit quasi als Individuen aufgefasst.*“ (Baalman et al., 2004, S. 11). Als zweite Denkfigur findet sich bei Baalman et al. (2004) die sogenannte „*Adaptive körperliche Anpassung*“, die körperliche Veränderungen als automatische Reaktion auf die Umweltbedingungen beschreibt.

[239-262] *Das brauchen sie zum Essen, sonst würden sie ja nicht überleben. Ich glaube, dass nach mehreren Jahren Schmetterlinge mit weniger großen Rüsseln waren und die sind da nicht gut hingekommen. Dann hat sich das in mehreren Jahren weiter entwickelt und ist größer geworden. Die Entwicklung stelle ich mir so vor, dass wenn der Schmetterling Nachwuchs bekommt, dass der dann einen längeren Rüssel hat (Elias).*

Die Notwendigkeit des Nahrungserwerbs führt in dieser Vorstellung automatisch zur Verlängerung des Rüssels. Im Gegensatz zur ersten Denkfigur erfolgt der Anpassungsprozess über mehrere Generationen hinweg. Dieses Erklärungsmuster wurde auch von Zabel und Gropengießer (2011) unter dem Konzept „*Gezielte Anpassung über Generationen*“ empirisch nachgewiesen.

5 Diskussion

Basierend auf den Ergebnissen der Fachlichen Klärung und der Schülervorstellungen, werden in der Diskussion verschiedene Aspekte der didaktischen Strukturierung diskutiert. Welche didaktischen Implikationen ergeben sich aus den Vorstellungen zu den beschriebenen drei Aspekten der Bestäubungsbiologie? Neben der Beantwortung dieser grundlegenden Frage, wird auch die Bedeutung des Themas Bestäubungsbiologie für den Unterricht thematisiert.

5.1 Bedeutung der Bestäubung für die Fortpflanzung

Die Interviews zeigen ein außerordentlich hohes Verwechslungs- bzw. Vermengungspotential der beiden Prozesse Bestäubung und Samenausbreitung. Diese Verwechslungsgefahr kann auf mehrere Aspekte zurückgeführt werden:

- Ähnlichkeit der Vektoren: Sowohl bei der Bestäubung als auch bei der Samenausbreitung spielen Tiere und Wind die Hauptrolle.
- Ähnlichkeit des „Ergebnisses“: Beide Prozesse haben die Fortpflanzung und Ausbreitung der Pflanze zur Folge.
- Ähnlichkeit der bewegten Stoffe: Blütenstaub und Samen können von den Lernenden nur schwer unterschieden werden.

Im Unterricht muss die Problematik „Bestäubung vs. Samenausbreitung“ klar thematisiert werden. Auch Helldén (1998) verweist auf diese Notwendigkeit, da auch in der von ihm durchgeführten Longitudinalstudie viele Schüler_innen die Prozesse der Bestäubung und der Samenausbreitung verwechselten, obwohl sich die Schüler_innen zuvor intensiv mit dem Lebenszyklus von Pflanzen beschäftigt hatten. Der kognitive Konflikt, dass Bestäubung nicht gleich Samenausbreitung ist, muss scheinbar ausgetragen werden, um eine Verwechslung der Prozesse zu vermeiden und den Lebenszyklus der Blütenpflanzen besser zu verstehen.

In der Vorstellungswelt der Proband_innen sind Bienen als Bestäuber in der Vorstellungswelt sehr präsent, während die Windbestäubung in den Vorstellungen hingegen wenig verankert scheint. Wind wird überwiegend mit Samenausbreitung assoziiert. Um die Unterscheidung zwischen Bestäubung und Samenausbreitung ins Bewusstsein zu rufen, sollten Beispiele aus der Alltagswelt der Schüler_innen verwendet werden, die den Zusammenhang zwischen Bestäubung und Samenausbreitung möglichst deutlich machen.

Als erstes konkretes Beispiel aus der Alltagswelt könnten Linden (*Tilia sp.*) dienen. Bei Linden erfolgt die Bestäubung durch Insekten und die Samenausbreitung durch den Wind. Durch die häufige Kultivierung als Stadtbaum, der Nutzung von Lindenblüten für Erkältungstees und der auffälligen Flugfrüchte können gute Alltagsbezüge hergestellt werden. Anhand dieses Beispiels könnte somit der Konflikt Bestäubung vs. Samenausbreitung direkt angesprochen werden. Obwohl Löwenzahn als Beispiel für Tierbestäubung und Windausbreitung noch näher bei der Lebenswelt der Schüler_innen wäre, ist dieses Beispiel zu hinterfragen. Die Interviews zeigen, dass insbesondere beim Löwenzahn ein hohes

Verwechslungspotential von Bestäubung und Samenausbreitung vorhanden ist, da der „Anker“ der Pustelblume sehr stark ist. Außerdem sprechen botanische Gründe, die aus der fachlichen Klärung hervorgehen, wie etwa der komplexe Blütenstand (Korb) als auch das häufig auftretende Phänomen der Apomixis (Bildung von Samen ohne Befruchtung) gegen die Verwendung des Löwenzahns.

Ein zweites konkretes Beispiel für den umgekehrten Fall, einer Windbestäubung mit anschließender Tierausbreitung, liefert die Gemeine Hasel (*Corylus avellana*). Aufgrund der häufigen Haselpollen-Allergien und der Verwendung der Früchte als Nahrungsmittel kann sowohl für den Pollen als auch für die Früchte ein direkter Bezug zur Lebenswelt der Schüler_innen hergestellt werden.

Die Verwendung konkreter Beispiele, bei denen sowohl die Bestäubung als auch die Samenausbreitung betrachtet wird, könnte die Schüler_innen dabei unterstützen, Bestäubung und Samenausbreitung nicht als isolierte Prozesse kennenzulernen. Vielmehr soll der Zusammenhang zwischen diesen beiden Prozessen begreifbar gemacht werden und die unterschiedlichen Funktionen der beiden Prozesse sichtbar werden.

Die beobachteten Schwierigkeiten der Schüler_innen im Umgang mit den Termini „Pollen“ und „Bestäubung“ liegt möglicherweise in der fehlenden sprachlichen Verknüpfung dieser beiden Termini. Auch die fachliche Klärung zeigt, dass diese Verknüpfung in der deutschen Sprache wenig ausgeprägt ist. Für das Synonym „Blütenstaub“ wäre die Verknüpfung mit „Bestäubung“ auch auf Deutsch umsetzbar, jedoch tritt hier das Problem auf, dass Staub stärker mit unbelebten Alltagsubstanzen konnotiert ist als das Fremdwort Pollen.

Die Verwendung von „Blütenstaub“ bietet aber auch Vorteile, beispielsweise bei der Besprechung der Blütenorgane, da die Funktion der „Staubblätter“ verdeutlicht wird. Im Hinblick auf das Pollenschlauchwachstum, das nach der Bestäubung stattfindet, wäre hingegen der Ausdruck „Pollen“ zu bevorzugen, um die Verbindung der Prozesse zu verdeutlichen.

Für den Unterricht bedeutet das, dass sowohl „Pollen“ als auch „Blütenstaub“ als Termini eingeführt werden müssen. Dabei sollte auf jeden Fall die Lebendigkeit von Pollen/Blütenstaub besonders hervorgehoben werden, da ansonsten die Funktion des

Pollens nicht nachvollzogen werden kann. Eine Verwendung des Fachterminus „Pollination“ wäre auf Deutsch möglich, die Umsetzbarkeit ist aufgrund der starken Verankerung des Terminus „Bestäubung“ jedoch fraglich.

5.2 Vorstellungen zu Tier-Pflanzen-Beziehungen

Die Erkenntnisse aus dem Bereich der Tier-Pflanzen-Beziehungen können ebenso für den Unterricht genutzt werden. Die interviewten Schüler_innen verfügen vielfach über Denkfiguren, die eine „hilfende Absicht“ hinter der Nektarproduktion und der Bestäubung sehen. Die Hintergründe dieser „Hilfe“ variieren ebenso wie die Komplexität der „Geschäftsbeziehungen“. Ein wichtiger Unterschied betrifft die Akteure, die diese Vorgänge steuern. So können es die Insekten selbst sein, die eine beabsichtigte Bestäubung vornehmen, wobei das Bestäuben teilweise sogar mit einem „Beruf“, den ein Insekt ausübt, verglichen wird. Diese Vorstellung setzt im Grunde voraus, dass die Blütenbesucher über die Folgen der Bestäubung Bescheid wissen. In besonders ausgeprägten Vorstellungen wird die Bestäubung durch die Insekten vorgenommen, damit es mehr Pflanzen und in Folge mehr Nahrung für die Insekten gibt – eine generationenübergreifende Hilfe zur Selbsthilfe. In anderen Fällen wird diese „Hilfe“ vor dem Hintergrund einer „guten und harmonischen Natur“ als Akteurin hinter der Geschäftsbeziehung gesehen.

Als mögliche Auslöser bzw. Verstärker für diese Vorstellungen zu den Beziehungen zwischen Pflanzen und Tieren kommen insbesondere folgende Faktoren in Frage:

- Der Vorgang der Bestäubung kann im Alltag nur schwer beobachtet werden. Der Blumenbesuch ist für die Lernenden sichtbar, die unbeabsichtigte Übertragung des Pollens jedoch nur in Ausnahmefällen. Daher besteht die Möglichkeit, dass die Übertragung des Pollens in Analogie zum menschlichen Handeln als bewusste Handlung gesehen wird.
- Es wird häufig nicht zwischen Pollen unterschieden, den ein Tier für sich bzw. für die Brut nutzt, und Pollen, der für die Bestäubung zur Verfügung steht. Dadurch entsteht das Bild, dass die Tiere Blüten besuchen, um jenen Pollen zu sammeln, der für die Bestäubung notwendig ist.

- Kinderfilme stellen Bienen oft als helfende und fleißige Tiere dar, die gezielt die Tätigkeit der Bestäubung übernehmen

Außerdem sollte die Verwendung der beschriebenen Transport-Metapher hinterfragt werden. Ein Transport im lebensweltlichen Sinn ist eine beabsichtigte Handlung, mit der gezielt Waren von A nach B transportiert werden. Ist diese Transport-Metapher nützlich für das Verständnis der Tierbestäubung? Betrachtet man Honigbienen, so sammeln diese bei ihren Blütenbesuchen Pollen und Nektar. Für die Bestäubung steht jedoch nur jener Pollen zur Verfügung, der nicht in den „Höschen“ der Honigbienen fest verkittet wird, sondern nur jener, der unbemerkt im Haarkleid verbleibt. Somit wird der für die Bestäubung relevante Pollen nicht beabsichtigt aufgeladen, nicht gezielt zur nächsten Blüte getragen und dort auch nicht absichtlich abgeladen. Die Transport-Metapher bildet die Gegebenheiten in der Natur somit nicht in adäquater Weise ab. Wird diese Transport-Metapher unkritisch übernommen, kann sie zu falschen Vorstellungen zu den Wechselwirkungen zwischen Tieren und Pflanzen führen bzw. die bereits vorhandenen Vorstellungen einer Zweckbeziehung zwischen Besuchern und Pflanzen (Denkfigur 2) verstärken.

Aus der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (Gropengießer, 2007) ergibt sich, dass eine kritische Auseinandersetzung mit der häufig verwendeten Transport-Metapher und deren Unzulänglichkeiten im Unterricht stattfinden muss. Dabei sollte herausgearbeitet werden, dass es für die Insekten nicht möglich ist, den Zusammenhang zwischen Bestäubung und Fortpflanzung zu verstehen, und dass dadurch kein gezielter Transport männlicher Geschlechtszellen vorliegen kann. Die Ergebnisse der Fachlichen Klärung zeigen, dass die Bestäubung meist ein Nebeneffekt der Nahrungssuche ist. Fälle aktiver Bestäubung (Feigenwespe und Yucca-Motte) basieren auf angeborenen Mechanismen, denen ebenso keine gezielten Handlungen zugrunde liegen. Transportmetaphern können zudem durch andere Ausdrücke, wie etwa Pollenübertragung (Heß, 1983) bzw. Pollenvermittlung ersetzt werden (Leins & Erbar, 2008), die zwar ebenso finale Elemente enthalten, aber dies weniger stark hervorheben. Außerdem ist eine Differenzierung zwischen Blütenbesuch und Bestäubung notwendig, da nicht jeder Blütenbesuch eine Bestäubung nach sich zieht

(Willmer, 2011), was der Vorstellung eines gerichteten Transports von einer Pflanze zur anderen entgegenwirkt.

Um das Verhalten der Tiere zu verstehen und die Anpassungen zwischen Tieren und Pflanzen zu begreifen, ist die Evolutionstheorie als Erklärungsgrundlage unbedingt notwendig. Nur vor diesem Hintergrund können Verhaltensweisen und anatomische Besonderheiten (spezialisierte Mundwerkzeuge; Behaarung; ...) der Blütenbesucher und die daraus resultierenden Vorteile fundiert erklärt werden. Auch die Besonderheiten der Blüten (Schauapparate; Bildung von Nektar; ...) bedürfen Erklärungen im evolutionären Kontext. Aus diesem Grund ist es auch besonders wichtig zu wissen, über welche Vorstellungen Schüler_innen zur Anpassung von Blüten und Besuchern verfügen.

Die in den Schülervorstellungen und in den Fachbüchern häufig auftretenden Anthropomorphien (Werbung, Anlockung, Täuschung, Blütenbesuche, Vergleiche mit der Sexualität des Menschen,...) müssen differenziert bewertet werden. Es ist jedenfalls nötig, anthropomorphe Vergleiche klar zu kennzeichnen, um die Bildhaftigkeit der sprachlichen Wendungen deutlich zu machen. So kann der Entwicklung von Fehlvorstellungen entgegengewirkt werden. Die angewandten Anthropomorphien können bei gezieltem Einsatz auch Lernchancen bieten (Kattmann, 2005). Da Primärerfahrungen zur Bestäubung häufig fehlen, können Anthropomorphien durchaus sinnvoll sein, da diese die Identifikation von Schüler_innen mit Pflanzen stärken.

5.3 Vorstellungen zur Anpassung von Blüten und Besuchern

Die erhobenen Vorstellungen zur Anpassung zeigen im Vergleich mit der Studie von Baalman und Kollegen (2004) sowohl Übereinstimmungen als auch neue Aspekte. Die in der vorliegenden Studie interviewten Schüler_innen (5. Schulstufe) sind deutlich jünger als jene, die vom Team um Baalman untersucht wurden (11.-13. Schulstufe). Die Interviewergebnisse zeigen, dass sowohl die Denkfigur des gezielten adaptiven Handelns von Individuen als auch die Denkfigur der adaptiven körperlichen Anpassung schon sehr früh entstehen und bereits zu Beginn der 5. Schulstufe vorhanden sein können. Die vorliegende Studie zeigt außerdem, dass Schüler_innen diese Denkfiguren gleichermaßen auf Tiere und Pflanzen anwenden.

Das frühe Vorhandensein dieser Vorstellungen zu Anpassung und Angepasstheit hat Auswirkungen auf den Unterricht in der Sekundarstufe 1. Wie Baalmann und Kollegen (2004) anmerken, können sich Lernende die Unterrichtsinhalte der Sekundarstufe 1 ohne Mutations- und Selektionsdenken erklären. Man kann somit annehmen, dass die Inhalte der Sekundarstufe 1 mit den beiden bereits vorhandenen Denkfiguren (Gezieltes adaptives Handeln von Individuen; Adaptive körperliche Anpassung) verknüpft werden und diese noch zusätzlich verstärken, wenn diese Alltagsvorstellungen stets erfolgreich angewandt werden können.

Als fachdidaktische Folge ergibt sich, dass bereits in bzw. vor der Sekundarstufe 1 Inhalte und Probleme im Unterricht thematisiert werden müssen, die sich mit diesen Denkfiguren nicht erklären lassen. Die analysierten Fachbücher zeigen eine Vielfalt an möglichen Anknüpfungspunkten für die Bearbeitung evolutionsbiologischer Inhalte innerhalb der Bestäubungsbiologie (vgl. Willmer, 2011). Ein besonders plakatives Beispiel stellt die Entwicklung von Rüssel- und Nektarröhrenlängen dar, welches als Exempel zur Erarbeitung der Selektion dienen kann. Die Interviewergebnisse zeigen, dass dieses Themenfeld bei Schüler_innen sofort Assoziationen zu Anpassung und Angepasstheit weckt. Auch die Interaktion zwischen Pflanzen und Tieren kann nachvollziehbar auf das Wirken der Selektion zurückgeführt werden. So können Lernumgebungen geschaffen werden, die nicht nur den Vorgang der Bestäubung an sich behandeln, sondern es Lernenden ermöglichen, sich bereits in der Sekundarstufe 1 gezielt mit dem Thema Selektion zu beschäftigen.

Ein Unterschied zu den Erkenntnissen von Baalmann et al. (2004) ist das Fehlen der Denkfigur der absichtsvollen genetischen Transmutation, was sich durch den Altersunterschied der Interviewpartner_innen und dem damit fehlenden Vorwissen über Genetik erklären lässt. Bei einigen Schüler_innen lassen sich jedoch schon Tendenzen zu dieser Denkfigur erkennen. So schildern beispielsweise Elias und Stefanie eine gezielte Entwicklung über Generationen. Die Ergebnisse werfen somit die Frage auf, wie und woraus sich die Denkfigur der absichtsvollen genetischen Transmutation im Laufe der Schulzeit entwickelt. Hervorzuheben ist außerdem der hohe Anteil an teleologischen Vorstellungen zur Evolution, in welchen die Funktionalität einer Eigenschaft gleichzeitig als die Ursache

ihrer Entstehung gesehen wird (Johannsen & Krüger, 2005).

5.4 Limitationen der Studie

Der qualitative Ansatz des Forschungsdesigns bedingt, dass entsprechend detailliert nur mit einer beschränkten Anzahl von Proband_innen gearbeitet werden kann. Die Studie gibt jedoch einen ersten Einblick in die Vorstellungswelt zum Thema Bestäubung. Aufgrund der eingetretenen Sättigungseffekte kann davon ausgegangen werden, dass die Stichprobengröße für eine explorative qualitative Studie genügt und die Ergebnisse einen hilfreichen Ausgangspunkt für größer angelegte Studien bilden. Ein weiteres einschränkendes Kriterium ist die Methodenwahl, die das Ergebnis stets beeinflusst. In der Gestaltung des Interviewleitfadens wurde darauf geachtet, prüfende Fragen zu vermeiden. Dennoch ist es möglich, dass die Befragungssituation bei den Proband_innen dazu geführt hat, die Fragen zu beantworten auch wenn keine konkreten Vorstellungen vorhanden waren und Vorstellungen „ad hoc“ konstruiert wurden.

Der Einsatz der Bildimpulse, die für die Frage zur Entwicklung der Rüssel- bzw. Spornlänge verwendet wurden, ist ebenso kritisch zu diskutieren. Durch den Einsatz der Bilder sollten keine Termini (Anpassung, Angepasstheit,...) vorweggenommen werden, um die Interviewpartner_innen nicht zu leiten. Die Verwendung des Bildes je eines Individuums von *Xanthopan morgani* bzw. *Angraecum sesquipedale* könnten Vorstellungen, die sich auf die Anpassung von Individuen fokussieren, fördern. Für weitere derartige Fragestellungen wären Bilder mit Populationen, die eine Variation relevanter Merkmale zeigen, zu bevorzugen.

5.5 Generelle Implikationen und Ausblick

Eine generelle Konsequenz, die sich aus den beobachteten Vorstellungen zur Bestäubung und der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens ergibt, ist, dass Schüler_innen Möglichkeiten geboten werden müssen, um direkte Erfahrungen mit dem Thema Bestäubung zu sammeln. Die Longitudinalstudie Helldéns (1998) und die Erkenntnisse von Benkowitz und Lehnert (2010) deuten darauf hin, dass eine erfahrungsbasierte Beschäftigung mit dem Entwicklungszyklus der Pflanzen eine Entwicklung der Vorstellungen hin zu fachlich orientierten Vorstellungen ermöglichen kann. Das Sammeln möglichst direkter Erfahrungen zum Thema Bestäubung

könnte zu einem besseren Verständnis der verschiedenen Facetten des Bestäubungsprozesses führen. Dadurch ließe sich auch eine kritische Haltung zu den verwendeten Metaphern erreichen, da Metaphern besonders dann verwendet werden, wenn keine Primärerfahrungen vorliegen.

Eine Möglichkeit solche Erfahrungen zu stiften ist der Einsatz funktioneller Blütenmodelle, bei denen Schüler_innen in die Rolle von „Insekten“ schlüpfen und den Bestäubungsvorgang als unbeabsichtigten Nebeneffekt bei der Suche nach Nahrung erfahren können (Lampert, Pany & Kiehn, 2012). Somit kann das Rollenspiel dabei helfen, den abstrakten Bestäubungsprozess erfahrbar zu machen und verwendete Metaphern zu hinterfragen.

Dazu müssen auch die im Rollenspiel verwendeten Anthropomorphien im Sinne einer „Modellkritik“ im Unterricht kritisch diskutiert werden, um abzuklären, wo Parallelen und wo Unterschiede zum realen Blütenbesuch bestehen.

Neben direkten Implikationen für den Unterricht liefert die beschriebene Studie eine Grundlage für die weitere Forschung. Ein erstes Ziel, das bereits in einer Nachfolgestudie verfolgt wird, ist es, zu untersuchen, ob und in welcher Form die erhobenen Schülervorstellungen zur Blütenökologie auch in anderen Altersgruppen vorhanden sind.

Hierzu wurde einerseits die Methodik verändert, um die mögliche Lenkung durch den Interviewleitfaden nicht zu reproduzieren.

Durch den Einsatz von schriftlichen Aufgabenstellungen konnten zudem sowohl die Zielgruppe (5. - 12. Schulstufe) und die Stichprobengröße ($N=728$) deutlich ausgeweitet werden. Zusätzlich sollen dabei auch die Vorstellungen zu weiteren Prozessen der Fortpflanzung (Pollenschlauchwachstum, Befruchtung, Samenausbreitung) erhoben werden, da diese in enger Beziehung mit dem Prozess der Bestäubung stehen. Durch diese Variation der Methodik, die Ausweitung der Stichprobengröße und die Einbettung der Bestäubung in den restlichen Entwicklungszyklus der Pflanzen wird die Gültigkeit der bisherigen Ergebnisse überprüft und die Erkenntnisse ausgeweitet.

In einem abschließenden Schritt werden aus der didaktischen Rekonstruktion hervorgegangene Lernmaterialien auf ihre Lernwirksamkeit getestet und weiterentwickelt. Ein Ziel ist es, mit diesen Lernmaterialien ein nachhaltigeres Lernen im Bereich der Bestäubungsbiologie und des Entwicklungszyklus der Pflanzen zu ermöglichen.

Literatur

- Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung–Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10 (1), 7–28.
- 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. Duden.de. Zugriff am 15.05.2018, von <https://www.duden.de>.
- Duit, R. & Treagust, D.F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25 (6), 671–688.
- Faegri, K. & Pijl, L. (1971). *The principles of pollination ecology*. Oxford: Pergamon Press Ltd..
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), 867–888.
- Gropengießer, H. (1997). Schülervorstellungen zum Sehen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (1), 71–87.
- Gropengießer, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In H. Vogt & D. Krüger (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 105–116). Heidelberg: Springer.
- Gropengießer, H., Harms, U. & Kattmann, U. (2013). *Fachdidaktik Biologie* (9. Auflage). Hallbergmoos: Aulis Verlag in der Stark Verlagsgesellschaft.
- Helldén, G. (1998). A longitudinal study of pupils' conceptualisation of the role of the flower in plant reproduction. *The Second Conference of European Researchers in Didaktik of Biology, University of Göteborg*, 47–59.
- Heß, D. (1983). *Die Blüte*. Stuttgart: Ulmer.
- Hintermeier, H. & Hintermeier, M. (2002). *Blütenpflanzen und ihre Gäste*. München: Obst-und Gartenbauverlag.
- Jewell, N. (2002). Examining Children's Models of Seed. *Journal of Biological Education*, 36 (3), 116–122.
- Johannsen, M. & Krüger, D. (2005). Schülervorstellungen zur Evolution – eine quantitative Studie. *IDB*, 14, 23–48.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3–18.
- Kattmann, U. (2005). Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen?–Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 165–174.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 93–104). Springer.
- Kinchin, I. M. (2000). Concept mapping in Biology. *Journal of Biological Education*, 34(2), 61–68.
- Kinchin, I. M. (2011). Visualising knowledge structures in biology: discipline, curriculum and student understanding. *Journal of Biological Education*, 45(4), 183–189.
- Krüger, D. (2007). Die conceptual change-Theorie. In H. Vogt & D. Krüger (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 81–92). Heidelberg: Springer.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (2008). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago press.
- Lampert, P., Pany, P. & Kiehn, M. (2012). Durch die Blume: Blüten & ihre Bestäuber. *Unterricht Biologie*, 375(36), 11–16.
- Lampert, P., Scheuch, M. & Kiehn, M. (angenommen). Wie pflanzen sich Pflanzen fort? – Eine fachliche Klärung. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 17.
- Leins, P. & Erbar, C. (2008). *Blüte und Frucht*. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
- Mayring, P. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Overy, A. (2000). *Sex im Garten: die raffinierten Verführungskünste der Pflanzen*. Mosaik, München.
- Quinte, J. (2016). *Cycle de la vie des plantes à fleurs – Lebenszyklus der Blütenpflanzen: étude comparative des conceptions d'élèves en Alsace et au Baden-Württemberg*. Dissertation, Strasbourg.
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In H. Vogt & D. Krüger (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 69–79). Heidelberg: Springer.

- Roseman, J. E., Stern, L. & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(1), 47-70.
- Schmitt, R. (2010). Metaphernanalyse. In: *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 676-691.
- Spektrum.de. Zugriff am 15.05.2018, <https://www.spektrum.de/>
- Sprengel, C. K. (1793). *Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen*. Berlin: Vieweg.
- Strike, K. A. & Posner, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Hrsg.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (S. 148–176). Albany: State University of New York Press.
- Willmer, P. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton: Princeton University Press.
- Zabel, J. & Gropengießer, H. (2011). Learning progress in evolution theory: climbing a ladder or roaming a landscape? *Journal of Biological Education*, 45 (3), 143–149.

Kontakt

Mag. Peter Lampert
AECC Biologie, Universität Wien
Porzellangasse 4
1090 Wien
Email: peter.lampert@univie.ac.at

Zitationshinweis:

Lampert, P., Pany, P., Scheuch, M., Heidinger, C., Kiehn, M. & Kapelari, S. (2018). „Mehr als nur Bestäubung“ – Schülervorstellungen zur Bestäubungsbiologie und deren Implikationen für den Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) – Biologie Lehren und Lernen*, 22(1), 64-79. doi: 10.4119/UNIBI/zdb-v22-i1-331

Veröffentlicht: 07.12.2018



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