

Kathrin Ziepprecht¹, Damon Sebastian Jäger,² Julia Schwanewedel³

¹Universität Kassel, ²Gesamtschule Melsungen, ³Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN)

Charakteristika von Repräsentationen im Biologieunterricht aus Sicht von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II

Upper secondary level students' perspectives on external representations in biology class

Externe Repräsentationen sind von zentraler Bedeutung für den Biologieunterricht (BU). In diesem Zusammenhang existieren zahlreiche Befunde bezüglich der Kompetenzen von Lernenden im Umgang mit fachspezifischen Texten, Bildern sowie *Multiplen Externen Repräsentationen* (MER). Charakteristika von Repräsentationen wurden bisher überwiegend domänenübergreifend und auf theoretischer, kognitionspsychologischer Ebene klassifiziert. Eine solche Klassifikation wird im vorliegenden Beitrag genutzt, um die Lernendenperspektive auf Repräsentationen im Fach Biologie strukturiert zu erfassen. Zu diesem Zweck wurden fünf Leitfadeninterviews mit Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II durchgeführt und mithilfe der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen u. a., dass die interviewten Schülerinnen und Schüler die sachliche und wissenschaftliche Natur von biologischen Texten und Bildern für charakteristisch halten. Bezüglich der MER ist festzustellen, dass Darstellungen von Prozessen und Abläufen in Bildern und Texten als typisch für den BU wahrgenommen werden. Die Beschreibung des fachbezogenen Umgangs mit Repräsentationen lässt Hinweise auf die Optimierung von Unterricht und Lernen zu.

Schlüsselwörter: Repräsentationen, Perspektive von Schülerinnen und Schülern, Biologieunterricht, Leitfadeninterview

External representations are particularly important for biology teaching at school. In this context, numerous findings exist regarding students' competences in dealing with biological texts, pictures and *multiple external representations* (MER). Characteristics of representations have not been classified as domain specific but on a theoretical, cognitive psychological level. In this article, such a classification is used to analyse students' perspectives on representations in biology class in a structured way. For this purpose, five guided interviews were conducted with students from secondary schools. The interviews were analysed employing qualitative content analysis. Among other things, the results show that from the students' perspective the objective, scientific nature of biological texts and pictures is characteristic for biology class. Regarding MER, it can be noted that representations of processes and procedures in pictures and texts are perceived as typical for biology class. The description of subject-related dealings with representations permits guidance for optimizing teaching and learning.

Keywords: representations, students' perspectives, biology class, guided interview

1 Einleitung

Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler beschäftigen sich mit der Erforschung von Naturphänomenen. Sie arbeiten dabei empirisch und beobachten, messen und analysieren natürliche Phänomene und deren Wechselwirkungen mit dem Ziel, sie mithilfe von Gesetzmäßigkeiten erklären zu können. Kommunikation kann als ein wesentlicher Bestandteil der naturwissenschaftlichen Praxis des Erforschens und Erklärens von Naturphänomenen angesehen werden und stellt einen multimedialen Diskurs unter Experten dar (Nielsen, 2013; Norris & Phillips, 2003). In diesem Diskurs werden unterschiedliche externe Repräsentationen wie beispielsweise fachspezifische Texte, Zeichnungen, Diagramme und Tabellen eingesetzt. Diese dienen nicht nur zur Vermittlung bestimmter Inhalte, sondern Erkenntnisse und ihre Repräsentationen entwickeln sich in gegenseitiger Abhängigkeit (Kozma & Russell, 2005). D. h. auf der einen Seite verändern sich Repräsentationen wie z. B. Stammbäume, wenn naturwissenschaftliche Forschungsergebnisse generiert werden. Auf der anderen Seite verhilft beispielsweise die Darstellung einer Räuber- und einer Beutepopulation über die Zeit in einem Diagramm zu neuen Erkenntnissen z. B. zur Formulierung des Räuber-Beute-Gleichgewichts. Auch die Kommunikation über naturwissenschaftliche Inhalte im Unterricht ist von einer Vielzahl verschiedener Repräsentationen geprägt. In der vorliegenden Arbeit wird daher davon ausgegangen, dass naturwissenschaftliches Lernen u. a. davon abhängt, ob Lernende in der Lage sind, auf Basis solcher Repräsentationen eigene, fachlich angemessene Konzepte aufzubauen. Für Schülerinnen und Schüler im BU stellt das Erschließen und Austauschen biologisch relevanter Informationen eine wichtige Aufgabe und Herausforderung dar. Es ist daher nicht verwunderlich, dass Kommunikationskompetenz als Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung verstanden wird und sowohl in den Bildungsstandards für das Fach Biologie als auch in den Kerncurricula der Bundesländer verortet ist (Gräber, Nentwig, Koballa, & Evans, 2002; HKM, 2010 a, b, c; KMK, 2005; Norris & Phillips, 2003). Charakteristisch für die fachbezogene Kommunikationskompetenz ist die Anwendung von Fachsprache und die Nutzung von Informationsträgern bzw. externen Repräsentationen in Form von Texten, Bildern, Grafiken, Tabellen, Symbolen, Formeln, Gleichungen und Graphen sowie die Verwendung unterschiedlicher Medien wie Bücher, Zeitschriften, Filme und Internet (KMK, 2005).

Innerhalb der fachdidaktischen Diskussion um Bildungsziele im Bereich der naturwissenschaftlichen Kommunikation geht es auch um das Wechselspiel von Darstellen, Zeigen und Wahrnehmen. Insbesondere stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage nach den medialen, repräsentationsbezogenen Präferenzen des Faches Biologie und nach den Folgen für das Unterrichten und Lernen. Übergreifende theoretische Konzepte können Aufschluss über die Klassifikation von Repräsentationen geben (Ainsworth, 2006; Schnotz, 2001, 2005). Sie beschreiben fachunspezifisch Charakteristika von in unterschiedlichen Domänen verwendeten Texten, Zeichnungen, Diagrammen und Tabellen (Ballstaedt, 1997; Diakidoy, Kendeou, & Ioannides, 2003; Levie & Lentz, 1982; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010; Schlag, 2011). Fachbezogene Befunde zu den Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern beim Verstehen von Repräsentationen in Biologie liefern u. a. Lachmayer (2008), Kotzebue, Gerstl, und Nerdel (2015) und Ziepprecht, Schwanewedel, und Mayer (2015) bzw. Ziepprecht (2016). Die vor-

liegenden theoretischen Konzepte und Befunde beziehen allerdings die Perspektive von Schülerinnen und Schülern auf Repräsentationen im Fach Biologie nur indirekt mit ein. Es wurde bisher nicht untersucht, welche Charakteristika und Eigenschaften von externen Repräsentationen in Biologie von Schülerinnen und Schülern selbst als typisch empfunden werden.

Mithilfe leitfadengestützter Interviews wurden die Perspektiven von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II zu externen Repräsentationen in Biologie erhoben und nach anschließender Transkription mit der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) ausgewertet. Die qualitative empirische Studie liefert eine Beschreibung typisch biologischer Repräsentationen aus Sicht von Schülerinnen und Schülern (Jäger, 2015). Sie trägt damit zu einem vollständigen Bild des aktuellen BUs in Bezug auf den fachbezogenen Umgang mit Repräsentationen bei und lässt Hinweise bezüglich der Optimierung von Unterricht und Lernen zu.

2 Theoretischer Rahmen

Im Folgenden wird eine in der fachdidaktischen Forschung etablierte, kognitionspsychologisch begründete Klassifikation von Repräsentationen vorgestellt und anhand biologischer Beispiele konkretisiert. Der Fokus liegt dabei auf statischen Repräsentationen. Dynamische Repräsentationen wie Simulationen oder Videos, und auch gegenständlich-materielle Repräsentationen, wie beispielsweise dreidimensionale Modelle, sind nicht Gegenstand der Ausführungen. Die Klassifikation externer Repräsentationen bildet einerseits die Grundlage zur Erfassung der Perspektiven von Schülerinnen und Schülern, andererseits dient sie als Basis für einen wechselseitigen Vergleich der wissenschaftlichen Perspektiven auf externe Repräsentationen mit denen der Schülerinnen und Schüler.

In Anlehnung an die Trennung zwischen Symbolzeichen und ikonischen Zeichen kann nach Schnotz (2005) zwischen deskriptionale und depiktionale Repräsentationen unterschieden werden. Symbolzeichen sind durch eine Konvention mit dem zu bezeichnenden Gegenstand verknüpft und besitzen keine Ähnlichkeit mit dem bezeichneten Objekt. Ein Beispiel hierfür ist das Wort Vogel, das an sich keine Ähnlichkeit mit dem realen Tier aufweist. Ikonische Zeichen hingegen sind mit dem zu bezeichnenden Objekt über Ähnlichkeit bzw. gemeinsame Strukturmerkmale verbunden. So besitzt das Foto einer Amsel Ähnlichkeit mit dem realen Tier z. B. in Farbe und Gestalt (Schnotz, 2005). Anhand dieser grundlegenden Unterteilung lassen sich verbal-sprachliche Äußerungen eindeutig den deskriptionalen Repräsentationen zuordnen (Schnotz, 2001). Unter verbal-sprachlichen Äußerungen sind geschriebene Texte, textliche Informationen mündlicher Natur und mathematische Formeln zu subsumieren. Bezüglich der Eigenschaften von Texten mit biologischen Inhalten werden von Diakidoy et al. (2003) drei Charakteristika hervorgehoben: Zum einen weisen biologische Texte eine hohe Dichte an Fachvokabular auf, das spezifische Bedeutungen hat, die von den gängigen Alltagsbedeutungen abweichen. Zum anderen sind biologische Texte durch die häufige Nutzung kausaler Argumentationsketten und sequentieller Textschemata gekennzeichnet. Drittens erfordern sie das Herstellen von Zusammenhängen unter Nutzung des biologischen Vorwissens. Hinsichtlich der Klassifikation von Texten beschreibt Ballstaedt (1997) verschiedene Texttypen. Für den BU von besonderer Bedeutung sind expositorische Texte. Sie beschreiben Ei-

genschaften von Gegenständen, Zustände und Prozesse und dienen dem Erwerb von deklarativem Wissen (Ballstaedt, 1997; Schlag, 2011).

Während verbal-sprachliche Äußerungen zu den deskriptionalen Repräsentationen zählen, handelt es sich bei Bildern aufgrund des Kriteriums der Ähnlichkeit mit dem dargestellten Objekt oder Sachverhalt um depiktionale Repräsentationen (Schnotz, 2001). Der Grad der Übereinstimmung durch gemeinsame Merkmale kann je nach Darstellungsform unterschiedlich stark ausgeprägt sein und entlang eines Kontinuums beschrieben werden. Innerhalb dieses Kontinuums der Bilder bzw. der depiktionalen Repräsentationen lassen sich an den Polen realistische Bilder und logische Bilder voneinander unterscheiden (Schnotz, 2001, 2003). Realistische Bilder sind konkreter und weisen einen geringeren Abstraktionsgrad auf als logische Bilder, die abstrakter sind und weniger Merkmale mit dem repräsentierten Objekt oder Sachverhalt gemeinsam haben (Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010). In Tabelle 1 werden die Unterschiede zwischen realistischen und logischen Bildern zusammengefasst und um Beispiele für charakteristische Bildtypen ergänzt.

Tabelle 1: Klassifikation von Bildern (depiktionale Repräsentationen)

Bilder	Beschreibung	Beispiele bzw. charakteristische Bildtypen
Realistisch	<i>Konkrete Form der strukturellen Übereinstimmung, die als Ähnlichkeit bezeichnet wird (Schnotz, 2001, 2003).</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Fotografien, (realistische) Gemälde, Zeichnungen, Landkarten (Schnotz, 2005) • Piktogramme (Schnotz, 2001) • Strichzeichnungen, Schemazeichnungen und Blütendiagramme (Lachmayer, 2008)
Logisch	<i>Abstrakte Form der strukturellen Übereinstimmung, die als Analogie bezeichnet wird (Schnotz, 2001, 2003).</i>	<p><u>Qualitative Darstellungsformen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Baum-, Pfeil- und Flussdiagramme (Lachmayer, 2008) <p><u>Quantitative Darstellungsformen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Linien-, Säulen-, Balken-, Streu- und Kreisdiagramme (Lachmayer, 2008) • Wertetabellen (Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010)

Zusätzlich zu deskriptionalen und depiktionalen Repräsentationen können MER als eigene Gruppe beschrieben werden. Sie bestehen aus mehr als einer Repräsentation, also aus mindestens zwei Texten bzw. Bildern oder einer Kombination von Text und Bild. Bild-Text-Kombinationen stellen eine besonders typische und gebräuchliche Art der MER dar (Ainsworth, 2006). Informationen innerhalb einer MER können auf verschiedene Weisen auf die einzelnen Repräsentationen verteilt sein. Zum einen können die Informationen der einzelnen Repräsentationen komplett identisch sein (*vollständige Redundanz*). Zum anderen können die Informationen der Repräsentationen auch komplett verschieden sein (*keine Redundanz*). Drittens kann ein Teil der Informationen der einzelnen Repräsentationen identisch, der andere Teil jedoch verschieden sein (*partielle Redundanz*) (Ainsworth, 2006; Levie & Lentz, 1982). Innerhalb von Bild-Text-Kombinationen können Bilder unterschiedliche Funktionen einnehmen. Während die Arbeiten von Pozzer-Ardenghi und Roth (2010) sowie Schlag (2011) sich auf die Funktionen *realistischer Bilder* in Bild-Text-Kombinationen beziehen, beschreibt

Ziepprecht (2016) die unterschiedlichen Bildfunktionen in Hinblick auf *logische Bilder*. U. a. werden von den Autorinnen und Autoren realistische und logische Bilder mit darstellender und organisierender Funktion beschrieben. Bilder mit darstellender Funktion konkretisieren oder veranschaulichen Informationen aus einem Text (Peeck, 1994; Weidenmann, 2002). Sie visualisieren im Text beschriebene Objekte, Personen, Handlungen oder Sachverhalte, wobei es sich oft um Dinge handelt, die schwer zu beschreiben sind, in der realen Welt der Lernenden nicht vorkommen oder nicht sichtbar sind. Bilder mit organisierender Funktion dienen der Verdeutlichung von räumlichen oder strukturellen Zusammenhängen und Abläufen und demonstrieren, wie einzelne Elemente in einem Prozess oder Ablauf zusammenhängen (Schlag, 2011; Ziepprecht, 2016).

MER können Hinweise darüber enthalten, wie die einzelnen Repräsentationen in Bezug zueinander stehen. Grundsätzlich unterscheiden Pozzer-Ardenghi und Roth (2010) innerhalb von Bild-Text-Kombinationen die vier Strukturelemente *Überschrift*, *Haupttext*, *Bild* und *Bildunterschrift*. *Überschriften* besitzen in Bezug auf den *Haupttext* eine organisierende Funktion, indem sie diesen in Abschnitte und Unterabschnitte unterteilen. Dabei können Überschriften durch den Inhalt des Textes motiviert sein und Leserinnen und Lesern erlauben, das Thema des Abschnittes bereits vor dem Lesen vorherzusehen. Die *Bildunterschrift* liefert eine Beschreibung des *Bildes* und lenkt den Blick auf zugrunde liegende fachliche Konzepte. Das *Bild* seinerseits bestätigt die *Bildunterschrift* auf authentische, visualisierende Weise. Die *Überschrift* des *Haupttextes* und das *Bild* können ebenfalls miteinander in Beziehung stehen. *Haupttext* und *Bildunterschrift* sind häufig über Verweise z. B. durch Nummern miteinander verbunden. Hierdurch wird die Zuordnung eines Textabschnittes oder Satzes zum Bild ermöglicht (Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010). Anhand der erläuterten Klassifikation können verbalsprachliche (Texte) und bildliche (Bilder) Repräsentationen sowie MER voneinander unterschieden und näher beschrieben werden. Diese Klassifikation dient nachfolgend als Strukturierung zur Erfassung der Perspektiven von Schülerinnen und Schülern.

3 Ziele und Studiendesign

Im Zentrum der explorativen qualitativen Untersuchung steht die Frage, welche Charakteristika externe Repräsentationen, die im BU eingesetzt werden, aus Sicht der Schülerinnen und Schüler aufweisen. In diesem Zusammenhang werden ihre Perspektiven zu Texten, Bildern und MER erfasst, wobei in Zusammenhang mit den MER ausschließlich Bild-Text-Kombinationen untersucht werden. Im Fokus der Studie steht die folgende Forschungsfrage:

Welche Charakteristika weisen Schülerinnen und Schüler (i) Texten, (ii) Bildern und (iii) MER (Bild-Text-Kombinationen) im BU zu?

Die Perspektiven der Schülerinnen und Schüler sind als Lernvoraussetzungen und Lernmittel zu betrachten, deren Kenntnis für die Planung und Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen unabdingbar ist (Gropengießer & Kattmann, 2013). Neben Vorstellungen zu konkreten biologischen Fachinhalten bringen sie auch Vorstellungen oder Überzeugungen zu biologischen Re-

präsentationen mit in den Unterricht, was wiederum das Lehren und Lernen beeinflusst. Die zentrale Fragestellung der Arbeit legitimiert sich deshalb aus der Perspektive des Lernens als „ein aktiver Akt, sodass die Gedankenwelt der Lernenden als entscheidende Lernvoraussetzung zu beachten ist.“ (Gropengießer & Kattmann, 2013, S. 19).

3.1 Begründung des qualitativen Zugangs und Sampling

Die Studie wurde 2015 durchgeführt. Zur Erhebung der Perspektiven der Schülerinnen und Schüler wurden qualitative Einzelinterviews durchgeführt. Diese Form der Datenerhebung ermöglicht die Rekonstruktion von individuellen Denkstrukturen, da das Subjekt selbst zur Sprache kommt und ihm ausreichend Raum gegeben wird seine Vorstellungen zu äußern (Mayring, 2015). Im Vergleich zu einer schriftlichen Befragung ergibt sich bei einem Interview die Möglichkeit, bestimmte Problemstellungen intensiver zu besprechen, zielgerichteter nachzufragen und auf die individuellen Gegebenheiten flexibler reagieren zu können. Vor diesem Hintergrund erscheint die Methode des qualitativen Interviews adäquat, um ein vertieftes Verständnis der Perspektiven der Schülerinnen und Schüler zu erlangen (Mayring, 2015).

Das Sample setzt sich aus fünf Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 12 (G8 und G9) der gymnasialen Oberstufe zusammen und wurde aus theoretischen Überlegungen heraus gebildet. Lernende der Sekundarstufe II besuchen bereits seit mehreren Jahren den Fachunterricht Biologie und haben zudem zahlreiche biologische Themen im Unterricht behandelt. Es ist davon auszugehen, dass sie eine Vielzahl unterschiedlicher Repräsentationen im BU kennengelernt und auf Basis dieser Erfahrungen Vorstellungen zu deren Charakteristika entwickelt haben. Zum Zeitpunkt der Interviews wurden die Probandinnen und der Proband im Fach Biologie, im Grund- oder im Leistungskurs, unterrichtet. Das Altersspektrum im Sample lag zwischen 17 und 18 Jahren. Es handelte sich dabei um vier Schülerinnen und einen Schüler, die sich freiwillig, ohne Honorierung, zur Teilnahme an den Interviews bereit erklärten. Das Leistungsspektrum im Fach Biologie lag nach Selbstauskunft bezüglich der letzten Zeugnisnote zwischen 6 und 15 Punkten, ist also als heterogen zu bezeichnen. Im Weiteren soll das methodische Vorgehen dargestellt werden, indem der Ablauf und die Auswertung der leitfadengestützten Interviews beschrieben wird.

3.2 Erhebungsinstrument

Um die Sichtweise der Schülerinnen und Schüler zu erheben, wurden Leitfadeninterviews geführt. Die Interviews beinhalten zwei gesprächsstrukturierende Abschnitte, welche dem Argumentationsfluss vom Allgemeinen zum Speziellen folgen. Der erste inhaltsbezogene Abschnitt besteht aus drei aufeinander folgenden Teilabschnitten zu Charakteristika von Texten, Bildern und MER im BU. Die Schülerinnen und Schüler wurden zunächst gefragt, was für sie die jeweilige Repräsentation im BU ausmacht (Abbildung 1), bevor sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede mit anderen Fächern beschreiben sollten. Der zweite inhaltsbezogene Abschnitt beinhaltet materialbezogene Gesprächsanreize in Form von Texten, Bildern und MER aus dem Themenbereich der klassischen Genetik. Den Probandinnen und dem Probanden wurden insgesamt neun verschiedene Beispielrepräsentationen aus Schulbüchern für

Gymnasien zur Auswahl angeboten (Baron et al., 2004; Kronberg & Schneeweiß, 2005). Da im Rahmen des vorliegenden Artikels Ergebnisse aus dem ersten Teil des Interviews vorgestellt werden, werden die Beispielrepräsentationen an dieser Stelle nicht weiter thematisiert. Bei der Konstruktion der Fragen wurde eine größtmögliche Offenheit in den Antwortmöglichkeiten angestrebt und auf eine überschaubare Anzahl an Fragen, differenziert in unterschiedliche Frageformen, geachtet (Helfferich, 2011).

Originalversion des verwendeten Interviewleitfadens

Teil B1: Offene Fragen – typische Repräsentationen im Biologieunterricht

Einstiegsimpuls: (B1_TYP_TXT_OFF_IMP):

❖ Beschreibe mir mal, was für dich einen Text im Biologieunterricht ausmacht. Papier und Stift bereithalten, falls die Schülerin / der Schüler skizzieren möchte.

Nachfragen:

a)	<p>Du hast gerade gesagt, dass ...</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kannst du mir genauer erklären, was für dich ... ist / sind / bedeutet / bedeuten? ▪ Ggf. Äußerung wiederholen: <i>Möchtest du das an einem bestimmten Thema fest?</i> 	<small>Begriffe / Konzepte etc. erläutern lassen.</small> (B1_TYP_TXT_OFF_NA)
b)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bitte fasse nochmal kurz zusammen, was für dich an einem Text im Biologieunterricht besonders typisch bzw. charakteristisch ist. 	(B1_TYP_TXT_OFF_NB)
c)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Denke mal an Texte, die du in anderen Fächern liest. → Beschreibe mal die Unterschiede zwischen diesen Texten und den Texten, die du im Biologieunterricht liest. → Beschreibe mal die Gemeinsamkeiten zwischen diesen Texten und den Texten, die du im Biologieunterricht liest. 	<small>Ggf. nachfragen, auf welches Fach sich die Schülerin / der Schüler bezieht.</small> (B1_TYP_TXT_OFF_NC)

Abbildung 1: Ausschnitt aus dem Interviewleitfaden

3.3 Ablauf der Datenerhebung

Die Interviews wurden in Einzelsitzungen außerhalb der Schulzeit in einem freien Raum im Schulgebäude durchgeführt und dauerten durchschnittlich ca. 80 Minuten. Zur Aufrechterhaltung einer hohen Konsistenz, beispielsweise in der Nutzung und Formulierung von Nachfragen wurden diese jeweils von dem gleichen Interviewer durchgeführt. Zusätzlich zu diesem und den jeweiligen Interviewpartner waren keine weiteren Personen anwesend. Die Umgebung wurde im Vorfeld gezielt vorbereitet, wobei das Setting jeweils gleich gehalten wurde. Die Interviews wurden über eine Audioaufnahme vollständig dokumentiert. Im Vorfeld der inhaltstragenden Abschnitte erfolgte eine kurze, gegenseitige Vorstellung der Interviewpartnerinnen und -partner. Außerdem wurden Informationen zur Aufzeichnung des Interviews, zur Anonymisierung der Daten und zum Ablauf gegeben.

3.4 Aufbereitung und Auswertung des Datenmaterial

Hinsichtlich der qualitativen Analyse der Daten wurden Schritte der Aufbereitung des Datenmaterials, wie die Transkription und die Redigierung, von Schritten der Auswertung separiert (Mayring, 2002). Die Verschriftlichung des Tonmaterials wurde mit der Software f4® vollzogen. Dabei wurden die Äußerungen im Zuge einer wörtlichen Transkription ins Schriftdeutsch übertragen (Mayring, 2002). Die anschließende Redigierung des Transkripts wurde durchgeführt, um eine bessere Lesbarkeit und Zugänglichkeit zu erreichen. Beim Paraphrasieren er-

folgte die grammatikalische Glättung der Äußerungen. Beim Selegieren und Auslassen wurden u. a. Füllwörter sowie Dialoge zur Verständigung entfernt. Im Zuge der Transformation wurden die Äußerungen des Interviewpartners so verändert, dass sie, unabhängig von den Beiträgen des Interviewers verständlich sind (Krüger & Riemeier, 2014).

In die Datenauswertung mit f4-analyse® flossen die redigierten Aussagen ein (Dresing & Pehl, 2014). Zu Beginn wurden die Aussagen der Schülerinnen und Schüler den deduktiv gebildeten Kategorien zugeordnet. Das hier zur Anwendung gebrachte Kategoriensystem orientiert sich am Forschungsinteresse bzw. an den theoretischen Vorüberlegungen (Mayring, 2015) (Abbildung 2). Der Kategorie *Texte* wurden beispielsweise Aussagen zugeordnet, die Charakteristika und typische Eigenschaften von Texten im BU beschreiben.

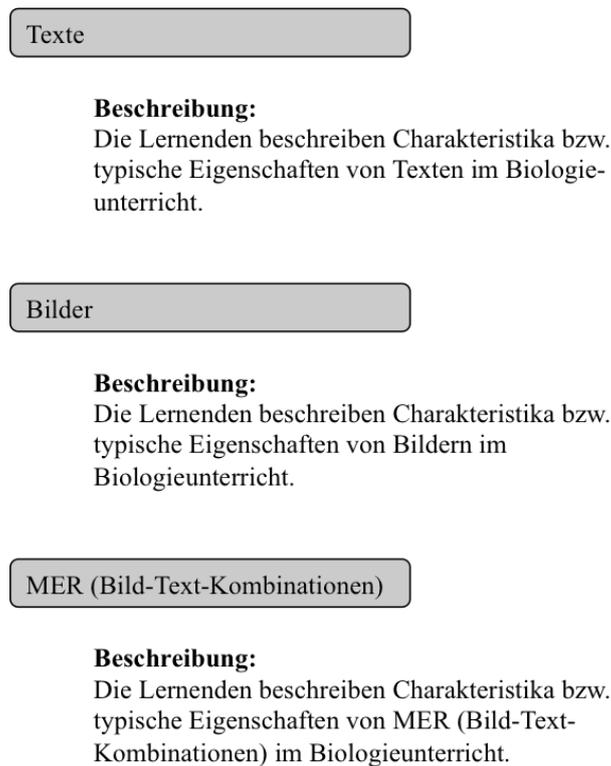


Abbildung 2: Kategoriensystem mit deduktiv hergeleiteten Kategorien

Anschließend erfolgte eine induktive Ausdifferenzierung auf Grundlage der redigierten Aussagen. Hierbei wurde auf den Prozess der induktiven Kategorienbildung nach Mayring (2010) zurückgegriffen. Zur Überprüfung und Gewährleistung einer semantischen Gültigkeit wurden die gebildeten Kategorien auf Grundlage von Beschreibungen (z. B. *Textliche Zusatzangaben*: Die Probanden beschreiben als Charakteristika von typischen Bildern im BU textliche Zusatzangaben von Bildern, wie z. B. Beschriftungen, Erklärungen, Erläuterungen oder Überschriften.) und Ankerbeispielen in Form von Schülerzitate(n) (z. B. „*Die Achsen und alles Mögliche sind meistens immer beschriftet.*“) innerhalb der Arbeitsgruppen diskutiert und im Rahmen einer offenen, argumentativen Konsensbildung überarbeitet (Bortz & Döring, 2009; Krippendorff, 2004).

4 Ergebnisse

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurden die Perspektiven der Schülerinnen und Schüler zu den Charakteristika von verschiedenen Repräsentationsformen im BU erhoben. Im Rahmen der Datenauswertung wurden anhand der Aussagen der Schülerinnen und Schüler in zwei Durchgängen durch die Transkripte verschiedene induktive Kategorien gebildet. Das entstandene induktive Kategoriensystem ist in Tabelle 2 dargestellt. Hierbei wurden die Aussagen der Probandinnen und des Probanden zu Texten, zu Bildern sowie zu MER separat erfasst. Die Zahlen geben die Anzahl der zugeordneten Äußerungen aus den fünf Interviews zu den jeweiligen Kategorien an.

4.1 Charakteristika von Texten im BU

Zur Repräsentationsform „Text“ wurden die induktiven Kategorien *Textbestandteile*, *formale Aspekte*, *Textstruktur*, *Fachbegriffe*, *Informationsdichte* und *Qualität der Informationen* sowie *Bezüge und Funktionen* gebildet, wobei die meisten Schüleräußerungen zu unterschiedlichen Textbestandteilen getätigt wurden. Typische formale Aspekte und Textstrukturen wurden ähnlich häufig beschrieben. Etwas seltener thematisiert wurde das Vorhandensein von Fachbegriffen, die typische Qualität und Informationsdichte von Texten im BU und die Bezüge und Funktionen, die diese aufweisen.

Wesentlich sind aus der Sicht der Schülerinnen und Schüler spezifische *Textbestandteile*, d. h. typische oder charakteristische Abschnitte von Texten im BU. Dazu gehören vor allem kurze Einführungen in ein Thema, Regeln zu biologischen Gegebenheiten und thematische Definitionen. Zusätzlich geben sie an, dass Beispiele zu Sachverhalten und detaillierte Erläuterungen biologischer Prozesse und Vorgänge innerhalb von Textabschnitten vorhanden sein können.

Zu den *formalen Aspekten* gehört die Verwendung von Fettdruck in biologischen Texten, die als typisch empfunden wird, wobei es sich um Wörter, wichtige Begriffe bzw. Fachbegriffe, oder Namen von Regeln handeln kann, die hervorgehoben werden. Hierdurch werden aus Sicht der Schülerinnen und Schüler Informationen betont, die wirklich wichtig sind. Als weiteres Charakteristikum wird benannt, dass Texte im BU eher kurz sind. Daneben wird der Schreibstil biologischer Texte als typisch wahrgenommen. Die Texte sind für die Schülerinnen und Schüler verständlich geschrieben und die Informationen sind gut dargestellt. Die Aussage von Alexandra (18 Jahre) zeigt diese Vorstellung beispielhaft: „[Einen Text im BU macht aus, dass] er trotzdem gut geschrieben ist, nicht so abgehackte Sätze, sondern schon schön ausformuliert.“

Tabelle 2: Induktiv hergeleitetes Kategoriensystem mit Ausdifferenzierung und Anzahl der zugewiesenen Äußerungen

	Texte		Bilder		MER	
	Induktiv hergeleitete Kategorien (Anzahl der zugewiesenen Äußerungen)	Von Schülerinnen und Schülern benannte Charakteristika	Induktiv hergeleitete Kategorien (Anzahl der zugewiesenen Äußerungen)	Von Schülerinnen und Schülern benannte Charakteristika	Induktiv hergeleitete Kategorien (Anzahl der zugewiesenen Äußerungen)	Von Schülerinnen und Schülern benannte Charakteristika
Äußere Merkmale	Formale Aspekte (11)	<ul style="list-style-type: none"> • Fettgedruckte Wörter 	Qualität der Abbildung (11)	<ul style="list-style-type: none"> • Anschaulich und übersichtlich 	Strukturelle Aspekte (3)	<ul style="list-style-type: none"> • Textabschnitte
	Informationsdichte und Qualität der Information (7)	<ul style="list-style-type: none"> • Kurz • Gefällig geschrieben 		<ul style="list-style-type: none"> • Komplex und kompakt • Sind sachlich 		<ul style="list-style-type: none"> • Gliederung im Text
Bestandteile	Textbestandteile (13)	<ul style="list-style-type: none"> • Beispiele • Einführungen 	Textliche Zusatzangaben (17)	<ul style="list-style-type: none"> • Beschriftungen 	Typische Bestandteile (10)	<ul style="list-style-type: none"> • Texte • Tabellen
	Fachbegriffe (8)	<ul style="list-style-type: none"> • Regeln, Definitionen • Fachbegriffe 	Farbliche Aspekte (7)	<ul style="list-style-type: none"> • / oder Überschrift • Farben, die eine Funktion haben 		<ul style="list-style-type: none"> • Schemazeichnungen • Fotografien
Typologie			Abbildungstypen (14)	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellungen von mikroskopischen Strukturen • Schematische Prozessdarstellungen • Diagramme • Darstellung des Versuchsaufbaus eines Experiments 	Prozesse und Abläufe (5)	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellungen von Prozessen und Abläufen
Aufgaben	Bezüge herstellen und spezifische Funktionen (7)	<ul style="list-style-type: none"> • Bezüge zu Bildern • Didaktische Funktion: erklären etwas, dienen dazu, dass man sich etwas besser merken kann 	Bezüge und Funktionen (12)	<ul style="list-style-type: none"> • Bezüge zu anderen Bildern, zum Text 	Verknüpfende Aspekte (8) Funktionen (5)	<ul style="list-style-type: none"> • Bezüge innerhalb der MER • Einzelne Teile der MER haben eine bestimmte Funktion

In Bezug auf die *Textstruktur* beschreibt die Schülerin Anne (17 Jahre) die aus ihrer Sicht typische Gliederung: „*Das sind jeweils drei Absätze. Es sind drei Absätze zu jeweils einem Teilaspekt.*“ Regeln zu einem biologischen Thema können für die Schülerinnen und Schüler in mehreren Abschnitten aufgeführt werden, wodurch eine übersichtliche und logische Gliederung des Textes entsteht. Der grundsätzliche Aufbau von Texten im BU wird von den Schülerinnen und Schülern als „sinnvoll“ erachtet, da in einem Text Sachverhalte meist strukturiert beschrieben sind, Inhalte in einer logischen Reihenfolge nachvollzogen werden können und einzelne Abschnitte aufeinander aufbauen. Dementgegen sind die Texte anderer Fächer aus ihrer Sicht weniger gegliedert und enthalten überdies nicht so viele Alltagsbeispiele.

Als zentralstes Charakteristikum eines Textes im BU beschrieben die Schülerinnen und Schüler *Fachbegriffe*. Anne (17 Jahre) erklärt beispielsweise, „*dass im BU auf jeden Fall Fachbegriffe in dem Text enthalten sind.*“ Die Schülerinnen und Schüler empfinden solche Fachbegriffe als besonders charakteristisch, die entweder aus dem Griechischen oder aus dem Lateinischen stammen und nicht ihrem alltäglichen Sprachgebrauch entsprechen. Fachbegriffe werden in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler eingesetzt, um einen biologischen Vorgang genau zu beschreiben und sind dadurch gekennzeichnet, dass dem eigentlichen Begriff der jeweilige Wortursprung, sprich eine kurze Herleitung, beigefügt ist. Auch das Vorkommen vieler neuer Fachbegriffe, die genutzt werden, um Sachverhalte zu erklären, ist für einige Schülerinnen und Schüler ein charakteristisches Merkmal von Texten im BU.

Die *Informationsdichte und Qualität der Informationen* in Texten im BU sind für die Schülerinnen und Schüler etwas Besonderes. Texte enthalten aus ihrer Sicht viele Informationen auf wenig Raum. Peter (18 Jahre) beschreibt, „*dass in jedem Satz wichtige Information sind, wo man alles komprimiert hat, das Wichtigste.*“ Die Informationsdichte wird im Vergleich zu anderen Fächern als besonders hoch empfunden. In Bezug auf die *Qualität der Informationen* wird angemerkt, dass Texte im BU eher sachlich bzw. wissenschaftlich sind. Hier wird ein Gegensatz zu anderen Fächern beispielsweise Geschichte und Politik herausgestellt. Aus Sicht der Schülerinnen und Schüler haben die Texte dort oft erzählenden Charakter und können von diversen Verfassern stammen. Ein weiterer Unterschied zu Texten in anderen Fächern besteht darin, dass Informationen aus Texten im BU meist sofort verwendet, aufgenommen und verarbeitet werden können. Dem entgegen muss in Texten im Unterrichtsfach Politik geschaut werden, welche Informationen man braucht, oder beispielsweise im Fach Deutsch zwischen den Zeilen gelesen werden.

Die Schülerinnen und Schüler schreiben Texten im BU unterschiedliche Funktionen zu. Sie können dazu dienen, sich über ein Thema zu informieren, Inhalte zu vermitteln, die sich nicht in Bildern darstellen lassen, oder Bilder erklären (Kategorie *Bezüge und Funktionen*). Außerdem können die Texte Fachbegriffe oder biologische Prozesse erläutern. Diese eher didaktische Funktion von Texten wird im folgenden Zitat von Anne (17 Jahre) deutlich: „*Manchmal ist der Text nur dazu da, um die Fachbegriffe zu erklären. Weniger um den Prozess zu erklären, um den es da geht. Das finde ich dann eher störend. Aber wenn sozusagen die Fachbegriffe eingebunden sind, um den Prozess zu erklären, dann ist es auch hilfreich.*“ Beispiele, die aus Sicht der Schülerinnen und Schüler typischerweise in den Texten enthalten sind, werden genutzt, um Sachverhalte zu verdeutlichen, damit Leserinnen und Leser sich diese besser merken können. Auch hier wird aus den Perspektiven der Schülerinnen und Schüler eine eher

didaktische Funktion von Texten im BU deutlich. Texte werden als Mittel zum Lernen wahrgenommen. Neben den angesprochenen Funktionen können Texte im BU Bezüge zu anderen Repräsentationsformen aufweisen, wenn beispielsweise ergänzend Bilder vorhanden sind.

4.2 Charakteristika von Bildern im BU

Die Äußerungen der Probandinnen und des Probanden zu *Bildern* wurden in den induktiven Kategorien *textliche Zusatzangaben*, *Abbildungstypen*, *Bezüge und Funktionen*, *Qualität der Abbildung* und *farbliche Aspekte* zusammengefasst. Hierbei wurden die textlichen Zusatzangaben gefolgt von typischen Arten von Abbildungen mit Abstand am häufigsten benannt. Nur wenige Äußerungen bezogen sich auf *farbliche Aspekte* von Bildern.

Charakteristika, die die Schülerinnen und Schüler Bildern im BU zuweisen, beziehen sich ähnlich wie bei den Texten auf formale und ebenso auf inhaltliche Aspekte. Aus Sicht der Probandinnen und des Probanden stellen Beschriftungen von Bildern biologietypische *textliche Zusatzangaben* dar. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben, dass Bilder im BU stets klar und deutlich beschriftet sind. Die Beschriftungen enthalten Begriffe, die der Kennzeichnung innerhalb des Bildes dienen. In diesem Zusammenhang wird auch angesprochen, dass an den Achsen von Graphen entsprechende Beschriftungen vorhanden sind bzw. die Kurven so beschriftet sind, dass diese auseinandergehalten werden können. Hier werden Gemeinsamkeiten mit anderen Fächern beispielsweise mit der Mathematik gesehen. Auch dort weisen Graphen z. B. Achsenbeschriftungen auf. Neben den Beschriftungen stellen textliche Erläuterungen weitere charakteristische Merkmale von Bildern dar. Alexandra (18 Jahre) beschreibt in diesem Zusammenhang, „*dass auch kleine Erklärungen zu den Beschriftungen am Rand oder unten drunter stehen.*“ In bildlichen Darstellungen, die Pfeile enthalten, sind ebenfalls kurze Erklärungen vorhanden, die angeben, wie, warum und wohin „sich etwas bewegt“, da solche Informationen oft nicht direkt aus dem Bild selbst hervorgehen. Als typisch für Bilder im BU werden außerdem vorhandene Legenden empfunden, die es ermöglichen, Bilder besser zu deuten bzw. dargestellte biologische Sachverhalte zu unterscheiden. Zudem thematisieren die Schülerinnen und Schüler das Vorhandensein von Überschriften, die beschreiben, worum es im Bild geht.

Neben diesen formalen Merkmalen von Bildern fällt auf, dass die Schülerinnen und Schüler verschiedene *Abbildungstypen* im BU voneinander unterscheiden. Sie führen z. B. Visualisierungen von mikroskopischen Strukturen oder zeichnerisch dargestellte Objekte als charakteristische Bildtypen an. Auch schematische Darstellungen von Prozessen werden als typisch für den BU und gleichzeitig wenig gebräuchlich in anderen Fächern wahrgenommen. Schemata können dabei sowohl einzelne als auch gleichzeitig ablaufende Vorgänge verbildlichen. Anne (17 Jahre) sagt beispielweise: „*Dann wären das oft eben Schemas, um eben Prozesse oder so darzustellen.*“ Weitere von den Schülerinnen und Schülern benannte Bildtypen sind Graphen, die Messwerte darstellen sowie Linien-, Torten-, und Balkendiagramme, oder auch Photographien. In Bezug auf die Graphen merken die Probandinnen und der Proband an, dass diese auch in Politik, Mathematik und Chemie häufig zum Einsatz kommen, jedoch in den Sprachen wie Deutsch und Englisch wenig gebräuchlich sind. Als charakteristisch für den BU werden außerdem Bilder angesehen, die den Versuchsaufbau für die Durchführung eines Ex-

periments zeigen. Karikaturen und Mindmaps werden hingegen als untypisch für den BU wahrgenommen und eher Fächern wie Ethik und Politik zugeschrieben.

Die Schülerinnen und Schüler sprechen zudem an, dass Bilder im BU häufig in Bezug zu anderen Bildern stehen, oder ein Text zu einem Bild vorhanden sein kann (Kategorie *Bezüge und Funktionen*). Sarah (17 Jahre) beschreibt, dass ihr bei einer Abbildung „*immer besonders wichtig [ist], dass sie das, was [sie] vielleicht vorher in einem Text gelesen [hat], gut verdeutlicht.*“ Andere Aussagen betreffen charakteristische Funktionen bezüglich des Vorwissens. Bilder können aus der Perspektive der Schülerinnen und Schüler nochmals aufgreifen, was man zuvor bereits gehört oder schon kennen gelernt hat. In diesem Zusammenhang dienen sie der Veranschaulichung bereits bekannter Sachverhalte.

Die Komplexität, Kompaktheit, Anschaulichkeit oder Übersichtlichkeit von biologischen Bildern wird von den Probandinnen und dem Probanden als *Qualität der Abbildung* beschrieben. Hinsichtlich der Komplexität der Bilder wird angemerkt, dass diese „*viele, sagen wir mal, zwei, drei Sachverhalte vielleicht in einem Graphen*“ darstellen (Leonie, 18 Jahre). Zudem wird von den Schülerinnen und Schülern thematisiert, dass Bilder im BU einen reduzierten Charakter aufweisen können. Hierbei werden beispielsweise nicht so viele inhaltliche Details im Bild gezeigt, das sich dann in seiner Aussage auf Wichtiges beschränkt. Biologische Prozesse können aus Sicht der Schülerinnen und Schüler kompakt durch Bilder wiedergegeben werden. Daneben beschreiben sie die Anschaulichkeit oder die Übersichtlichkeit von Bildern als Charakteristikum. Demzufolge sagen Bilder im BU bereits auf den ersten Blick etwas aus, sodass Betrachterinnen und Betrachter sich auf Anhieb eine Vorstellung von einem Thema machen können und nicht wie in Deutsch oder Englisch etwas hineininterpretieren müssen. Der sachliche Charakter von Bildern im BU wird ebenso wie bei den Texten angesprochen und auch im Gegensatz zu „*ironischen Bildern*“ und „*sarkastischen Bildern*“ z. B. im Fach Geschichte hervorgehoben.

Farbliche Aspekte werden von den Schülerinnen und Schülern als wichtige Merkmale charakterisiert. Sie thematisieren, dass Farben in Bildern im BU so eingesetzt werden, dass Betrachterinnen und Betrachter sehen, was wichtig ist. Farbe lässt die Bilder einprägsamer werden. Außerdem werden Farben in biologischen Bildern typischerweise dazu verwendet, um gewisse Aspekte zu verdeutlichen, wie das Zitat von Alexandra (18 Jahre) zeigt: „*Wenn man eine Blume hat, dann muss man nicht unbedingt alles mit Farben wunderschön ausmalen, sondern, dass man sieht, was man braucht.*“ Farbliche Kennzeichnungen in Bildern im BU sind vorhanden, um Verwirrung zu vermeiden. Farben haben für die Schülerinnen und Schüler eine inhaltliche, weniger eine schmückende Funktion.

4.3 Charakteristika von MER im BU

Aussagen der Probandinnen und des Probanden bezüglich MER (Bild-Text-Kombinationen) im BU wurden den vier induktiven Kategorien *typische Bestandteile*, *verknüpfende Aspekte*, *Funktionen*, *strukturelle Aspekte* sowie *Prozesse und Abläufe* zugeordnet. Die Schülerinnen und Schüler gehen besonders auf typische Bestandteile und verknüpfende Aspekte in Bild-Text-Kombinationen ein. Die induktive Kategorie *Prozesse und Abläufe* erfasst Äußerungen,

die sich auf Eigenschaften bzw. Charakteristika von MER beziehen, die Prozesse beschreiben. Sie kommen weniger häufig vor.

Für MER werden von den Schülerinnen und Schülern ebenfalls charakteristische Merkmale und Funktionen benannt. Als *typische Bestandteile* von MER werden zum einen Textteile beschrieben. Zum anderen werden Schemazeichnungen wie z. B. Querschnittsdarstellungen als typische bildliche Darstellungen thematisiert, die in einer Bild-Text-Kombination vorhanden sein können. Daneben können auch Photographien von realen Objekten Bestandteil einer MER sein, wie Alexandra (18 Jahre) beschreibt: „*Man hat aber auch eine Abbildung von den Vögeln, um die es eigentlich geht.*“ Realistische Bilder dienen demnach vor allem dazu, den Bezug zum dargestellten Thema herzustellen. Neben Schemazeichnungen und Photographien werden Tabellen als integrale Bestandteile von MER im BU benannt.

Als charakteristische Merkmale von Bild-Text-Kombinationen im BU werden von den Schülerinnen und Schülern außerdem Verknüpfungen zwischen bildlichen und textlichen Bestandteilen der MER beschrieben (*verknüpfende Aspekte*). Bilder und Text liegen in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zusammen vor, wobei ihre Inhalte aufeinander bezogen sind, indem Informationen aus dem Text zusätzlich, z. B. anhand von Schemazeichnungen, bildlich dargestellt werden. Auch in Hinblick auf die Kombination von einer Tabelle und einem Text wird die Verknüpfung der Inhaltsebenen beispielweise von Anne (17 Jahre) beschrieben: „*Ich habe mir den Text jetzt nicht komplett durchgelesen, aber ich denke mal, dass es um die Abbildung in Bezug auf den Text geht und sozusagen wahrscheinlich die Messwerte, die man hier in der Tabelle sieht, erklärt oder erläutert werden. Das ist typisch, denke ich, weil man sozusagen erst die Sachen durch Messwerte entdecken kann.*“

Als *strukturelle Aspekte* von Bild-Text-Kombinationen werden von den Schülerinnen und Schülern typische Abschnitte oder eine vorhandene Gliederung benannt. Beispielsweise können erst technische Informationen in Textform vorhanden sein, denen ein allgemeiner Informationsteil folgt.

In der Kategorie *Prozesse und Abläufe* werden Charakteristika von MER subsummiert, in denen biologische Prozesse, im Gegensatz zu Strukturen, dargestellt werden. Sie werden von den Schülerinnen und Schülern ebenso wie einzelne Bilder, in denen Prozesse dargestellt sind als besonders typisch für den BU und gleichzeitig als wenig charakteristisch für andere Fächer wahrgenommen. In Bezug auf solche MER, erläutert Alexandra (18 Jahre): „*[...] es ist eben eine Abbildung, wo relativ viel in der Beschriftung erklärt ist. Das ist sehr typisch, finde ich, wenn man eben keinen begleitenden Text hat, dass es eben so ist, dass man viele Schritte hat und diese dann eben in der Unterschrift erklärt werden. So, dass man es eben selber verstehen kann, wenn man die Unterschrift liest.*“ Prozess-MER zeichnen sich in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler durch die charakteristische Verwendung von Pfeilen aus. Jeder Pfeil stellt einen Teilschritt dar oder der Ablauf ist mit Pfeilen gegliedert.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In Hinblick auf die Charakteristika externer Repräsentationen im BU zeigen die Ergebnisse, dass die Schülerinnen und Schüler eine Fülle unterschiedlicher Aspekte als typisch für biologische Texte, Bilder und MER wahrnehmen. In Bezug auf Texte wird das Vorkommen vieler,

häufig unbekannter *Fachbegriffe* als charakteristisch angesehen. Dass Texte mit biologischen Inhalten eine hohe Dichte an Fachvokabular besitzen, wurde auch in der empirischen Forschungsliteratur thematisiert (Merzyn, 1996; Nitz, Nerdel, & Prechtel, 2012). Zusätzlich wird von den interviewten Schülerinnen und Schülern beschrieben, dass Texte typischerweise eine hohe *Informationsdichte* aufweisen. Als weiteres Charakteristikum wird bezüglich der *Qualität der Informationen* die sachliche, wissenschaftliche, faktenlastige Natur der Texte angesprochen. Auch *formale Aspekte* werden von den Interviewpartnerinnen und -partnern als charakteristisch wahrgenommen: Texte im BU sind für sie eher kurz. Hinsichtlich typischer *Bestandteile von Texten* können diese im BU beispielsweise Einführungen, Regeln, Definitionen, Erläuterungen zu Vorgängen oder auch Beispiele zum Thema enthalten. Die Ausführungen der Schülerinnen und Schüler zeigen außerdem, dass auch strukturelle Eigenschaften als charakteristisch für Texte empfunden werden. Des Weiteren zeigt sich, dass für die Schülerinnen und Schüler bestimmten *Bezüge und Funktionen* von Texten charakteristisch sind. Hier zeigen sich Gemeinsamkeiten zu den Ergebnissen anderer Untersuchungen, die das gezielte Aneinanderreihen logischer Abschnitte bzw. das Vorliegen sequenzieller Textschemata ebenfalls als typisch für biologische Texte ansehen (Diakidoy et al., 2003).

In Bezug auf Bilder im BU wird deutlich, dass von den Probandinnen und dem Probanden das Vorkommen von *textlichen Zusatzangaben* als typisch empfunden wird, wobei es sich beispielsweise um Beschriftungen oder Kennzeichnungen in Bildern bzw. erklärende Begriffe handeln kann. Außerdem werden von den Schülerinnen und Schülern charakteristische *Abbildungstypen* thematisiert. Analog zur Beschreibung in der Literatur werden von den Schülerinnen und Schülern zum einen *realistische Bilder* in Form von Schemazeichnungen oder Photographien, zum anderen *logische Bilder* in Form von Graphen, Diagrammen und Tabellen als typisch für den BU empfunden (Schnotz, 2003). Die *darstellende Funktion* von Bildern (Schlag, 2011; Ziepprecht, 2016) wird von den Schülerinnen und Schülern dabei als charakteristische Funktion eines Bildes im BU empfunden. Bilder verdeutlichen in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler das, was zuvor in einem Text gelesen wurde. In Bezug auf die *Qualität von Abbildungen* wird als typisch empfunden, dass in Bildern im BU häufig mehrere Sachverhalte parallel dargestellt sind und dass Bilder in ihrem Informationsgehalt reduziert sein können. Weitere charakteristische Eigenschaften von Bildern sind für die Schülerinnen und Schüler *farbliche Aspekte* von Bildern, wobei Farben vor allem eine inhaltsleitende Funktion zugewiesen wird.

In Bezug auf MER beschreiben Schülerinnen und Schüler unterschiedliche *strukturelle Aspekte*. So kann eine charakteristische Gliederung von Bild-Text-Kombinationen für sie darin bestehen, dass erst technische Informationen in Textform vorliegen, dann ein allgemeiner Informationstext folgt und zusätzlich ein Bild vorhanden ist. Daneben werden *typische Bestandteile* von Bild-Text-Kombinationen thematisiert, wobei sowohl charakteristische textliche als auch typische bildliche Bestandteile angeführt werden. Von den Schülerinnen und Schülern werden zudem *verknüpfende Aspekte* bzw. die Vernetzungen textlicher und bildlicher Bestandteile als charakteristisch für Bild-Text-Kombinationen im BU empfunden. Zudem werden von den Probandinnen und dem Probanden typische *Funktionen* einzelner Bestandteile in MER verbalisiert. Zusätzlich werden Charakteristika von Prozess-MER beschrieben, wobei in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler die dargestellten Sach-

verhalte typischerweise durch vorhandene Beschriftungen oder textliche Erläuterungen erklärt werden. In diesem Zusammenhang wird von ihnen auch die typische Verwendung von Pfeilen zur Gliederung von Abläufen thematisiert.

Verschränkungen von Repräsentationen in MER wurden sowohl von Levie und Lentz (1982) als auch von Ainsworth (2006) grundlegend beschrieben. In Bezug auf bildliche Bestandteile wird von den interviewten Schülerinnen und Schülern vor allem die *darstellende Funktion* von Bildern in MER angesprochen, wobei Bilder in Bild-Text-Kombinationen die Aussagen des Textes unterstreichen können. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien, in denen ebenfalls eine darstellende Funktion von Bildern in MER beschrieben wird (Schlag, 2011; Ziepprecht, 2016). Neben Überschriften können aus Perspektive der Schülerinnen und Schüler auch Bildanteile von Bild-Text-Kombination im BU eine *organisierende Funktion* einnehmen und es Leserinnen und Lesern ermöglichen, das Thema eines Abschnittes vorherzusehen (Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010).

Im Zusammenhang mit den Ergebnissen sind einige limitierende Faktoren und Schwächen der Studie zu diskutieren. Aufgrund der geringen Stichprobe hat die Untersuchung einen explorativen Charakter und weitere Interviews sind notwendig, um Aussagen über spezifische Deutungsmuster der Schülerinnen und Schüler machen zu können. Ausgebaut werden könnten im Rahmen weiterer Interviews die Fragen nach den Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der Wahrnehmung von Repräsentationen in anderen Fächern, sodass weitere domänen- bzw. fachspezifische Charakteristika gefunden werden können. Zusätzlich wäre es in zukünftigen Studien interessant zu untersuchen wie sich die Wahrnehmung der Charakteristika von Repräsentationen durch die Schülerinnen und Schüler auf ihren Umgang mit diesen bzw. auf ihr Lernen von biologischen Inhalten auswirkt. Darüber hinaus sollte die Analyse der Schülervorstellungen um weitere Perspektiven ergänzt werden, um umfassende Implikationen für den Einsatz multipler Repräsentationen im BU ableiten zu können. Die Perspektive von Biologielehrkräften kann zum Beispiel Hinweise auf Quellen der Perspektiven der Schülerinnen und Schüler geben und Ansatzpunkte zur Optimierung des Einsatzes von Repräsentationen bieten. Ebenso können durch systematische Analysen von Lehr- und Lernmaterialien (z. B. Schulbücher) weitere Erkenntnisse über die inhaltliche und die formale Gestaltung biologiebezogener Texte und Abbildungen in Medien für den BU erarbeitet werden (siehe z. B. Wernecke et al., 2016).

Die erhobenen Perspektiven der Schülerinnen und Schüler geben interessante Hinweise auf Lernvoraussetzungen und für die Gestaltung von Lernmitteln. Auf der Grundlage der Ergebnisse lassen sich Fragen für die unterrichtliche Praxis formulieren und Forschungslücken identifizieren. Die Interviews zeigen, dass Schülerinnen und Schüler Texten, Bildern und MER im BU spezifische Charakteristika zuschreiben. Diese beziehen sich auf formale ebenso wie auf inhaltliche Aspekte der Repräsentationen. Auffällig ist, dass die Schülerinnen und Schüler in Bezug auf die Repräsentationen ausnahmslos davon ausgehen, dass diese dem Lernen und Verstehen biologischer Inhalte dienen. Dass Repräsentationen im BU auch Aspekte der Wissenschaftsdisziplin Biologie widerspiegeln und erkenntnisleitenden Charakter besitzen, wird von den Schülerinnen und Schülern in dieser Untersuchung nicht thematisiert. Es stellt sich daher die Frage wie im BU Möglichkeiten geschaffen werden können, nicht nur *mit* Repräsentationen, sondern auch *über* Repräsentationen zu lernen. Ähnlich wie beim Einsatz

von Modellen und der Förderung von Modellkompetenz (Meisert, 2008; Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010), könnte es darum gehen, Lernenden bewusst zu machen, dass Repräsentationen innerhalb der Disziplin Biologie auch ein Ergebnis biologischer Forschungsprozesse sind und dass sie Fragen aufwerfen, die durch weitere Forschung beantwortet werden können. Auch eine historische Perspektive auf biologische Repräsentationen, z. B. die Darstellung der DNA oder phylogenetischer Stammbäume kann Schülerinnen und Schülern eine erweiterte Perspektive auf biologische Repräsentationen ermöglichen. In der Konsequenz sollte auch eine Sensibilisierung der Lehrkräfte dafür erfolgen, dass Repräsentationen nicht nur Darstellungs- sondern auch Erkenntnismittel sind.

Ein weiterer Aspekt in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler, der unterrichtspraktische Fragen aufwirft, ist die Charakterisierung von lernförderlichen und auch lernhinderlichen Aspekten von Repräsentationen. Im Unterricht könnten beispielsweise diese von den Interviewpartnern wahrgenommenen Besonderheiten externer Repräsentationen und nicht nur die durch die Repräsentationen repräsentierten Inhalte thematisiert werden. Im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten wäre es zudem sinnvoll anhand der von den Schülerinnen und Schülern beschriebenen Charakteristika externer Repräsentationen ein Analyseraster für Texte, Bilder und MER zu entwickeln und zu erproben, das neben den Charakteristika auch die Ursachen für damit verbundene Verständnisprobleme umfasst. Auf Grundlage weiterer Studien könnten dann Hinweise für eine didaktisch reflektiertere Auswahl unterrichtlicher Beispielrepräsentationen gegeben werden. Zu wissen, was Repräsentationen in Biologie ausmacht, würde es zum einen ermöglichen, Lernende gezielter auf Ursachen für mögliche Verständnisprobleme aufmerksam zu machen. Zum anderen könnte daraus ein gezielteres Anleiten von Schülerinnen und Schülern im Umgang mit externen Repräsentationen resultieren.

Im Sinne einer konstruktivistischen Sichtweise auf Lehren und Lernen und ausgehend von der Annahme, dass Vorstellungen und Überzeugungen von Lernenden handlungsleitend sein können und die Wahrnehmung von Unterricht beeinflussen, sollen die hier beschriebenen Perspektiven der Schülerinnen und Schüler auf externe Repräsentationen in Biologie als Anknüpfungspunkte für die Planung und Durchführung von Unterricht dienen. Gleichzeitig können die Ergebnisse dieser explorativen Studie als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen zur Domänen- bzw. Fachspezifität im Umgang mit externen Repräsentationen genutzt werden.

Literatur

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A Conceptual Framework for Considering Learning with Multiple Representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-196.
- Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz.
- Baron, D., Braun, J., Erdmann, A., Erdmann, U., Heinze, R. & Lucius, E. (Hrsg.). (2004). *Grüne Reihe. Materialien SII: Genetik*. Braunschweig: Schroedel.
- Bortz, J. & Döring, N. (2009). *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Diakidoy, I., Kendeou, P. & Ioannides, C. (2003). Reading about energy: The effects of text structure in science learning and conceptual change. *Contemporary Educational Psychology*, 28, 335-356.
- Dresing, T. & Pehl, T. (2014). Beta-Benutzerhandbuch f4analyse Abgerufen von <http://www.audiotranskription.de/f4-analyse>.

- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (Hrsg.). (2002). *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zu Allgemeiner Bildung*. Opladen: Leske + Budrich.
- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2013). Didaktische Rekonstruktion. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (Band 9, S. 16-23). Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Helfferich, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- HKM (2010 a, b, c). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I - Hauptschule, Realschule, Gymnasium Biologie*. Wiesbaden.
- Jäger, S. (2015). *Repräsentationen im Biologieunterricht - eine qualitative Studie zur Perspektive von Lernenden*. Universität Kassel. Kassel.
- KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. Neuwied: Luchterhand.
- Kotzebue, L. v., Gerstl, M. & Nerdel, C. (2015). Common Mistakes in the Construction of Diagrams in Biological Contexts. *Research in Science Education*, 45(2), 193-213.
- Kozma, R. & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Hrsg.), *Visualization in Science Education* (S. 121-145). Dordrecht: Springer.
- Krippendorff, K. (2004). *Content analysis: an introduction to its methodology*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Kronberg, I. & Schneeweiß, H. (2005). *Natura Biologie für Gymnasien. Genetik und Immunbiologie*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag GmbH.
- Krüger, D. & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse – eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 133-145). Berlin: Springer.
- Lachmayer, S. (2008). *Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht*. Kiel: Universitätsbibliothek.
- Levie, H. & Lentz, R. (1982). Effects of text illustrations: A review of research. *Educational Communication and Technology Journal*, 30(4), 195-232.
- Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken*. Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Muck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 601-613). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- Meisert, A. (2008). Vom Modelwissen zum Modelverständnis: Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 243-261.
- Merzyn, G. (1996). A comparison of some linguistic variables in fifteen science texts In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (Hrsg.), *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes* (S. 361–369). London: The Falmer Press.
- Nielsen, K. H. (2013). Scientific communication and the nature of science. *Science & Education*, 22(9), 2067-2086.
- Nitz, S., Nerdel, C. & Pechtl, H. (2012). Entwicklung eines Erhebungsinstrumentes zur Erfassung der Verwendung von Fachsprache im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 117-139.
- Norris, S. P. & Phillips, L. M. (2003). How Literacy in Its Fundamental Sense Is Central to Scientific Literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.
- Peeck, J. (1994). Enhancing graphic-effects in instructional texts: Influencing learning activities. In W. Schnotz & R. W. Kulhay (Hrsg.), *Comprehension of Graphics. Advances in Psychology* (S. 291 - 301). Amsterdam: Elsevier.
- Pozzer-Ardenghi, L. & Roth, W.-M. (2010). Toward a Social Practice Perspective on the Work of Reading Inscriptions in Science Texts. *Reading Psychology*, 31(3), 228-253.
- Schlag, S. (2011). *Kognitive Strategien zur Förderung des Text- und Bildverstehens beim Lernen mit illustrierten Sachtexten: theoretische Konzeptualisierung und empirische Prüfung*. Berlin: Logos.
- Schnotz, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. *Unterrichtswissenschaft*, 29(4), 292-318.
- Schnotz, W. (2003). Bild- und Sprachverarbeitung aus psychologischer Sicht. In K. Sachs-Hombach (Hrsg.), *Was ist Bildkompetenz? Studien zur Bildwissenschaft* (S. 25-42). Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

- Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41-57.
- Weidenmann, B. (2002). Abbilder in Multimediaanwendungen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet* (S. 83-96). Weinheim: Beltz.
- Ziepprecht, K. (2016). *Strategien und Kompetenzen von Lernenden beim Erschließen von biologischen Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen*. Berlin: Logos.
- Ziepprecht, K., Schwanewedel, J., & Mayer, J. (2015). Strategien und Fähigkeiten von Lernenden beim Erschließen von biologischen Informationen aus Texten, Bildern und Bild-Text-Kombinationen. In M. Hammann, J. Mayer & N. Wellnitz (Hrsg.), *Theorie, Empirie und Praxis* (S. 11-26). Innsbruck: Studienverlag.

Kontakt

Dr. Kathrin Ziepprecht
Universität Kassel
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
k.ziepprecht@uni-kassel.de