



Marcus Hammann/Jürgen Mayer/
Nicole Wellnitz (Hrsg.)

Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik

Band 6

StudienVerlag

Marcus Hammann/Jürgen Mayer/Nicole Wellnitz (Hrsg.)

Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik
Band 6

Marcus Hammann/Jürgen Mayer/Nicole Wellnitz (Hrsg.)

Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik

Band 6

„Theorie, Empirie & Praxis“

Internationale Tagung der Fachsektion
Didaktik der Biologie im VBIO,
Kassel 2013

StudienVerlag

Innsbruck
Wien
Bozen

© 2015 by Studienverlag Ges.m.b.H., Erlenstraße 10, A-6020 Innsbruck
E-Mail: order@studienverlag.at
Internet: www.studienverlag.at

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Abhängig vom eingesetzten Lesegerät kann es zu unterschiedlichen Darstellungen des vom Verlag freigegebenen Textes kommen.

ISBN 978-3-7065-5752-8

Buchgestaltung nach Entwürfen von Kurt Höretzeder
Satz und Umschlag: Da-TeX Gerd Blumenstein, Leipzig
Coverfotos: Kay Vollert, ARGUS/Das Foto, Sylke Hlawatsch, Klaus-Jürgen Hövener/Schering AG
Bearbeitung des Manuskripts: IPN Kiel/Ulrike Gessner-Thiel

Dieses Buch erhalten Sie auch in gedruckter Form mit hochwertiger Ausstattung in Ihrer Buchhandlung oder direkt unter www.studienverlag.at

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
<i>Kathrin Ziepprecht/Julia Schwanewedel/Jürgen Mayer</i> Strategien und Fähigkeiten von Lernenden beim Erschließen von biologischen Informationen aus Texten, Bildern und Bild-Text-Kombinationen	9
<i>Sarah Gogolin/Dirk Krüger</i> Nature of models – Entwicklung von Diagnoseaufgaben	27
<i>Christiane Patzke/Dirk Krüger/Annette Upmeier zu Belzen</i> Entwicklung von Modellkompetenz im Längsschnitt	43
<i>Yvonne Schachtschneider/Vanessa Pfeiffer/Silvia Wenning/ Angela Sandmann</i> Entwicklung eines Testinstruments zur Diagnose fachspezifischen Vorwissens von Studierenden der Biologie im Übergang Schule-Hochschule	59
<i>Christine Heidinger/Franz Radits</i> Die Förderung des Naturwissenschaftsverständnisses im Zuge von Forschungs-Bildungs-Kooperationen	75
<i>Anne-Katrin Holfelder/Ulrich Gebhard</i> Alltagsphantasien und Bildung für nachhaltige Entwicklung	89
<i>Christine Florian/Lisa Sundermann/Angela Sandmann</i> Kognitive Anforderungsprofile schriftlicher Abituraufgaben verschiedener Themenbereiche aus elf Bundesländern	105
<i>Philipp Krämer/Stefan Nessler/Kirsten Schlüter</i> Schlussfolgerungen und Lösungsvorschläge für die Lehramtsausbildung	121
<i>Julia Kratz/Steffen Schaal</i> Strukturierung und Praxisnähe in der Sachunterrichtsausbildung – Eine Interventionsstudie	137

<i>Dagmar Hilfert-Rüppell/Maike Loof</i> Fach(seminar)leiter im Interview – Welche Basis braucht die zweite Phase?	155
<i>Benjamin Steffen/Corinna Höfle</i> „...es geschieht so ein bisschen aus dem Bauch heraus.“ – Diagnose von Bewertungskompetenz durch Lehrkräfte	173
Autorenverzeichnis	189

Vorwort

Dieser Band ist der sechste in der Reihe „Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik“, in der die Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO (FDdB) aktuelle Forschungsarbeiten veröffentlicht. In der vorliegenden Publikation finden Sie eine Auswahl von Beiträgen der Internationalen Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie „Theorie, Empirie & Praxis“, die im September 2013 an der Universität Kassel stattfand. Für das Begutachtungsverfahren stellten sich renommierte Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker zur Verfügung.

Es ist beabsichtigt, die Bände der Reihe weiterhin in zweijährigem Rhythmus erscheinen zu lassen.

Wir danken den folgenden Kolleginnen und Kollegen für die Begutachtung der Manuskripte:

- Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter (Didaktik der Physik)
- Prof. Dr. Franz X. Bogner (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Reinders Duit (Didaktik der Physik)
- Prof. Dr. Hans Fischler (Didaktik der Physik)
- Prof. Dr. Ulrich Gebhard (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Harald Gropengießer (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Marcus Hammann (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Ute Harms (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Corinna Hößle (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Alexander Kauertz (Didaktik der Physik)
- Prof. Dr. Michael Komorek (Didaktik der Physik)
- Prof. Dr. Dirk Krüger (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Maike Looß (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Jürgen Mayer (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Insa Melle (Didaktik der Chemie)
- Prof. Dr. Claudia Nerdel (Didaktik der Biologie/Chemie)
- Prof. Dr. Birgit Jana Neuhaus (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Knut Neumann (Didaktik der Physik)
- Prof. Dr. Helmut Prechtel (Didaktik der Biologie)
- Prof. Mag. Dr. Franz Radits (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Carolin Retzlaff-Fürst (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Stefan Rumann (Didaktik der Chemie)
- Prof. Dr. Sascha Schanze (Didaktik der Chemie)
- Prof. Dr. Philipp Schmiemann (Didaktik der Biologie)

- Prof. Dr. Kirsten Schlüter (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Horst Schecker (Didaktik der Physik)
- Prof. Dr. Lutz Schön (Didaktik der Physik)
- Prof. Dr. Gabriele Schrüfer (Didaktik der Geographie)
- Prof. Dr. Ulrike Spörhase (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Miriam Steffensky (Didaktik der Chemie)
- Prof. Dr. Annette Upmeyer zu Belzen (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Steffen Schaal (Didaktik der Biologie)
- Prof. Dr. Jörg Zabel (Didaktik der Biologie)

Die Herausgeber

Strategien und Fähigkeiten von Lernenden beim Erschließen von biologischen Informationen aus Texten, Bildern und Bild-Text-Kombinationen

Zusammenfassung

Lernende in die Lage zu versetzen, über biologische Sachverhalte zu kommunizieren, ist ein zentrales Ziel des Biologieunterrichts. Im Rahmen von naturwissenschaftlicher Kommunikation spielen Repräsentationen (Texte, Tabellen, Diagramme und Zeichnungen) eine wichtige Rolle. Im vorliegenden Artikel werden Ergebnisse einer Untersuchung der Fähigkeiten von Lernenden *biologische Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen zu erschließen* vorgestellt. Darüber hinaus werden Strategien, die sie nutzen, um biologische Texte und Bilder zu verstehen, beleuchtet. Es wurde ein 57 Items umfassender, aufgabenbasierter Fähigkeitstest eingesetzt. Außerdem wurde die Anwendung von kognitiven und metakognitiven Strategien beim Verstehen von Repräsentationen mit biologischem Inhalt über einen Fragebogen mit 41 Items erhoben. Die Stichprobe umfasste 968 Schülerinnen und Schüler des neunten und zehnten Jahrgangs. Die Ergebnisse zeigen, dass es für die Lernenden schwieriger ist, biologische Informationen aus Bild-Text-Kombinationen als aus einzelnen Repräsentationen, d. h. aus Bildern oder Texten, zu erschließen. Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass die Probanden angeben, in höherem Maße auf übergeordnete (metakognitive) Strategien zuzugreifen, als konkrete Schritte (kognitive Strategien) anzuwenden, wenn sie versuchen, Repräsentationen im Biologieunterricht zu verstehen.

Abstract

A central goal of biology education is to enable learners to communicate about biological issues. In scientific communication, representations (text, tables,

charts and drawings) play an important role. Results concerning the abilities of learners in *processing biological information from different representations* are presented in this paper. In addition, the strategies learners use when trying to understand representations in biology are examined. In the study, a task-based test on students' abilities consisting of 57 items was applied. Furthermore, the application of cognitive and metacognitive strategies in understanding representations with biological contents was investigated via a strategy questionnaire consisting of 41 items. The sample included 968 students of ninth and tenth grade. The results show that processing biological information from text-picture combinations represents a higher difficulty for learners than processing information from a single representation. Concerning the strategies, analyses show that students use superordinate (metacognitive) strategies rather than applying concrete steps (cognitive strategies) when trying to understand representations in biology.

Einleitung

Betrachtet man die Kommunikation über naturwissenschaftliche Inhalte in den Fachwissenschaften, so handelt es sich um einen Diskurs unter Experten. Innerhalb des Diskurses haben sie das Ziel, eigene Ergebnisse zu verbreiten, einen Beitrag zum Erkenntnisprozess zu leisten, aber auch sich zu qualifizieren (Goldmann & Bisanz, 2002). Naturwissenschaftliche Kommunikation ist von unterschiedlichen Repräsentationen geprägt, die miteinander kombiniert werden, sodass man von einem multimodalen Diskurs sprechen kann (Norris & Philipps, 2003). Dabei dienen Repräsentationen nicht nur zur Vermittlung bestimmter Inhalte, vielmehr entwickeln sich Erkenntnisse und ihre Repräsentationen in gegenseitiger Abhängigkeit (Kozma & Russell, 2005). Auch die naturwissenschaftliche Kommunikation im Unterricht ist von einer Vielzahl verschiedener Repräsentationen geprägt (Kress et al., 2001). Sie sind auf der einen Seite Mittel im Lernprozess. Ein Text, beispielsweise zum Thema Fotosynthese, dient zunächst einmal dazu, Wissen über den biologischen Sachverhalt zu vermitteln. Auf der anderen Seite sind sie Lerngegenstand, da Schülerinnen und Schüler lernen sollen, wie man mit biologischen Texten, die durch Besonderheiten wie Fachbegriffe geprägt sind, umgeht. Anders als in den Fachwissenschaften geht es jedoch im Unterricht eher darum, eine vorgegebene (korrekte) Repräsentation zu verstehen. Im Gegensatz zu Wissenschaftlern, die mithilfe von Repräsentationen neue Erkenntnisse hervorbringen, generieren Schülerinnen und Schüler Wissen auf individueller Ebene (Ainsworth, Prain & Tytler, 2011).

Der Umgang mit Repräsentationen ist demzufolge ein wichtiges Element naturwissenschaftlicher Kommunikation und wird als Teil fachspezifischer Kommunikationskompetenz in den nationalen Bildungsstandards für das Fach Biologie beschrieben. Dort ist der Erwerb einer erweiterten Lese- und Verstehenskompetenz, die den Umgang mit unterschiedlichen Informationsträgern einschließt, als Ziel des Biologieunterrichts verankert (KMK, 2005). Schülerinnen und Schüler sollen im Biologieunterricht lernen, Repräsentationen zu nutzen und sich Informationen aus diesen zu erschließen. Um die Fähigkeiten der Lernenden *biologische Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen zu erschließen* messen und später Unterricht zur gezielten Förderung gestalten zu können, müssen diese ausdifferenziert und einer empirischen Prüfung zugänglich gemacht werden. Obwohl zahlreiche Arbeiten im Bereich Kommunikation den Umgang mit Repräsentationen im Fokus haben, wurde noch keine explizite Ausdifferenzierung dieser Fähigkeiten vorgenommen. Kulgemeyer & Schecker (2009) beschreiben in ihrem Modell den Aspekt Repräsentationen bei der Informationsweitergabe. Lachmayer (2008) nimmt die Diagrammkompetenz in den Blick. Nitz, Nerdel & Precht (2012) haben den Umgang mit Repräsentationen mithilfe von 15 Multiple-Choice-Items zu den Teilaspekten Interpretation, Konstruktion und Translation von Repräsentationen erfasst. Im Rahmen der Studie wird die Notwendigkeit, das Konstrukt für den Biologieunterricht umfassender zu untersuchen, betont.

Theorie

Repräsentationen

Texte, Zeichnungen, Diagramme und Tabellen werden als externe Repräsentationen bezeichnet. Im Rahmen des Verstehensprozesses konstruiert das verstehende Individuum eine interne, mentale Repräsentation (Schnotz, 2001).¹ Repräsentationen lassen sich nach Schnotz (2001) in verbal-sprachliche (deskriptionale) und bildliche (depiktionale) Repräsentationen unterscheiden. Texte sind deskriptionale Repräsentationen, die einen Sachverhalt durch willkürlich festgelegte Symbolzeichen (Wörter oder Sätze) beschreiben (Schnotz, 2001). Bilder sind depiktionale Repräsentationen. Ihre Struktureigenschaften stimmen mit bestimmten Struktureigenschaften des dargestellten Sachverhaltes überein (Schnotz, 2001). Kombinationen aus mindestens zwei Repräsentationen werden als *Multiple ex-*

¹ Im vorliegenden Artikel wird, soweit nicht anders gekennzeichnet, unter dem Begriff Repräsentation eine externe Repräsentation verstanden.

ternal representations (MERs) bezeichnet (Ainsworth, 1999). Je nachdem wie die einzelnen Repräsentationen der MER gestaltet sind, sind unterschiedliche Effekte auf das Verstehen einer solchen Bild-Text-Kombination zu erwarten. Die einzelnen Repräsentationen innerhalb einer MER können jeweils gleiche oder unterschiedliche Informationen enthalten (Ainsworth, 1999). Man unterscheidet daher zwischen redundanten und nicht redundanten MERs.

Empirische Ergebnisse weisen darauf hin, dass das Verstehen von kombinierten Repräsentationen für Lernende eine kognitiv anspruchsvolle Aufgabe ist (vgl. Kozma & Russell, 1997). Auf der einen Seite können die Repräsentationen innerhalb einer MER biologisch-inhaltliche Informationen enthalten. Auf der anderen Seite gibt es MERs, bei denen eine Repräsentation biologisch-inhaltliche Informationen enthält und eine weitere eine Veranschaulichung der ersten darstellt. Ein Beispiel für eine Bild-Text-Kombination, in der eine Repräsentation eine veranschaulichende Funktion hat, wäre eine Abbildung, die den Aufbau mehrerer Insektenbeine zeigt, bei denen die unterschiedlichen Glieder in verschiedenen Farben gekennzeichnet sind. Dazu gehört ein Text, in dem erläutert wird, welche Farbe für welches Glied steht und wie die unterschiedlichen Beintypen benannt werden (Schnotz et al., 2010). Nach Mayer (2005) ist bei solchen Bild-Text-Kombinationen ein Multimedia-Effekt zu erwarten. Das bedeutet, dass die Kombination aus erster (inhaltlicher) Repräsentation und zweiter (veranschaulichender) Repräsentation leichter zu verstehen ist, als die inhaltliche Repräsentation allein. Dieser Effekt wurde bei Testaufgaben, die Bild-Text-Kombinationen enthalten, in biologischen Kontexten nachgewiesen (Hartmann, 2013). Der vorliegende Artikel geht von der Annahme aus, dass sich MERs in den Naturwissenschaften oftmals aus nicht redundanten Repräsentationen zusammensetzen, die jeweils inhaltliche Informationen enthalten. Die Verwendung von sogenannten komplementären Bildern, die ein Objekt klassifizieren oder erklären und im Text nicht vorhandene Informationen beinhalten, wurde von Roth & Pozzer-Ardenghi (2013) für Biologieschulbücher gezeigt.

Um die Fähigkeiten der Lernenden *biologische Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen zu erschließen* zu messen, werden diese im vorliegenden Beitrag ausgehend vom Strukturmodell des integrierten Sprach-Bild-Verstehens von Schnotz & Bannert (1999; 2003) beschrieben und differenziert. Im Modell wird davon ausgegangen, dass Informationen aus einem Text im verbalen Kanal verarbeitet werden. Informationen aus einem Bild werden im piktoralen Kanal verarbeitet. In mehreren Schritten werden, sowohl bei der Verarbeitung eines Textes als auch bei der Verarbeitung eines Bildes, ein bildliches mentales Modell und eine verbal-sprachliche propositionale Repräsentation konstruiert. Die Verarbeitung einer Bild-Text-Kombination erfolgt sprachlich angeleitet, jedoch weicht der

Prozess gegenüber der Verarbeitung eines reinen Textes insofern ab, dass zusätzliche Prozesse auf der Bildebene ablaufen (Schnotz & Bannert, 1999; 2003). Auf Basis des Modells werden die Anforderungen an Lernende beim Erschließen von biologischen Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen in drei Teilkonstrukte unterteilt: *biologische Informationen aus Texten (T) erschließen*, *biologische Informationen aus Bildern erschließen (B)* und *biologische Informationen aus Bild-Text-Kombinationen erschließen (MER)*.

Strategien

Ergebnisse empirischer Studien deuten darauf hin, dass das Erschließen von Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen durch die Verwendung von Strategien beeinflusst wird (vgl. Bannert, 2005; Marton & Säljö, 1984). Strategien werden allgemein als Serien von kognitiven Aktivitäten beschrieben, die eine Person anwendet, um ein Ziel zu erreichen (Taconis et al.; 2001). Dieses Ziel kann beispielsweise sein, einen Text mit biologischem Inhalt zu verstehen. Strategien können in kognitive und metakognitive Strategien differenziert werden. Kognitive Strategien beinhalten konkrete Arbeitsschritte (u. a. Weinstein & Mayer, 1986). Sie können auf der ersten Ebene in oberflächenorientierte und tiefenorientierte Strategien unterschieden werden. Bei der Anwendung von Oberflächenstrategien steht die wortwörtliche Wiedergabe bzw. das Auswendiglernen und Einprägen von Faktenwissen im Mittelpunkt. Zu den Oberflächenstrategien gehören Wiederholungsstrategien wie „Ich lese den Text noch einmal“. Tiefenorientierte Strategien zielen hingegen auf das Verstehen von Inhalten und das Erkennen von Bedeutungen (Marton & Säljö, 1984). Zu den tiefenorientierten Strategien gehören z. B. solche, mit denen die Inhalte einer Repräsentation organisiert oder Zusammenhänge zum Vorwissen hergestellt werden. Metakognitive Strategien kontrollieren kognitive Strategien und beinhalten Planungs-, Überwachungs- und Regulationsstrategien (Brown, 1984).

Im Rahmen von empirischen Studien ergeben sich teilweise erhebliche Diskrepanzen zwischen der in Fragebögen erhobenen Selbstausskunft zur Strategienutzung und den handlungsnah erfassten Strategien (vgl. Artelt & Moschner, 2005). Hierbei zeigt sich die Tendenz, dass Lernende ihre Strategienutzung, wenn diese mithilfe eines Fragebogens erhoben wird, überschätzen (vgl. Schiefele, 2005). Die handlungsnah Erfassung von spontanen Strategieäußerungen beim hypermedialen Lernen von Bannert (2005) ergab für alle Lernenden unabhängig vom Lernerfolg eine signifikant höhere Anzahl metakognitiver Strategieäußerungen als kognitiver Strategieäußerungen. Die Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen

Gruppen von Strategien wurden von Artelt (1999) untersucht. Die Ergebnisse der handlungsnahen Studie zeigen, dass ein enger positiver Zusammenhang zwischen der Nutzung von kognitiven Tiefenstrategien und metakognitiven Strategien besteht. Darüber hinaus besteht ein negativer Zusammenhang zwischen der Nutzung von kognitiven Tiefenstrategien sowie metakognitiven Strategien und kognitiven Oberflächenstrategien.

Forschungsfragen

Schwerpunkt des vorliegenden Beitrags sind die Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern, *biologische Informationen aus Texten (T), Bildern (B) und Bild-Text-Kombinationen (MER) zu erschließen* sowie die Strategien, die sie beim Erschließen von Informationen aus Repräsentationen mit biologischem Inhalt anwenden. Im Zentrum des vorliegenden Artikels steht die Klärung der folgenden Forschungsfragen:

- F 1 Können die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler *biologische Informationen aus Texten (T), Bildern (B) und Bild-Text-Kombination (MER) zu erschließen* sowie ihre Strategien mithilfe der entwickelten Instrumente reliabel gemessen werden?
- F 2 Differieren die Itemschwierigkeiten der drei Teilkonstrukte *biologische Informationen aus Texten, Bildern und MERs erschließen*?
- F 3 Zeigen sich Unterschiede in der Anwendung von Strategien bei Texten und Bildern bzw. in der Anwendung von kognitiven und metakognitiven Strategien?

Design und Methodik

Zur Datenerhebung wurden zwei quantitative Paper-Pencil-Instrumente in einer Querschnittstudie eingesetzt.

Fähigkeitstest: Der Fähigkeitstest zum Konstrukt *biologische Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen erschließen* besteht aus 57 Items. Bei der Konstruktion der Testitems wurde ein zweidimensionales Aufgabenkonstruktionsmodell zugrunde gelegt. Die Inhaltsdimension bildet die Teilkonstrukte (*T, B, MER*) ab, während die Dimension Komplexität als schwierigkeiterzeugend gilt, wobei

drei Komplexitätsstufen unterschieden werden (angelehnt an Kauertz et al. (2010) bzw. Ullrich et al. (2012)). Auf dem Komplexitätsniveau I (ein oder mehrere Fakten) wird von Schülerinnen und Schülern die Berücksichtigung von einem oder mehreren unverbundenen Fakten erwartet. Auf Komplexitätsniveau II (ein oder mehrere Zusammenhänge) wird von Schülerinnen und Schülern die Berücksichtigung einer oder mehrerer funktionaler Beziehungen erwartet. Auf Komplexitätsniveau III (komplexe Relationen) müssen die in den Repräsentationen dargestellten Zusammenhänge untereinander in Beziehung gesetzt werden. Bei der Itementwicklung wurden die Inhaltsdimension und die schwierigkeiterzeugende Dimension gezielt miteinander in Beziehung gesetzt. Die so konstruierten Items lassen sich konzeptionell eindeutig auf beiden Dimensionen verorten.

Tabelle 1: Verteilung der Items auf die Teilkonstrukte und Komplexitätsstufen

	Komplexität			
	I	II	III	
Text	11	6	3	20
Bild	10	5	5	20
MER		7	10	17
	21	18	18	57

Die Testaufgaben bestehen aus einem Aufgabenstamm und mehreren Items. Die Items setzen sich aus einem Itemstamm, einer Fragestellung oder Handlungsaufforderung und den Antwortmöglichkeiten bzw. Platzhaltern zusammen. Um den Einfluss des Vorwissens möglichst gering zu halten, beinhalten Aufgaben- und Itemstamm das gesamte biologische Fachwissen, das zur Lösung der Aufgabe notwendig ist. Die Aufgabenstämme bestehen aus einem Text und einem damit kombinierten Bild. In den Aufgabenstellungen werden Schülerinnen und Schüler aufgefordert, Informationen aus dem Text, dem Bild oder aus Bild und Text zu erschließen. Als Antwortformate wurden Multiple-choice, single-select, Kurzantwort und offenes Antwortformat genutzt. Abb. 1 zeigt ein Beispielitem. Der Aufgabenstamm enthält einen Text und ein Bild. Der Text behandelt das Thema Fotosynthese und beschreibt die ablaufenden Prozesse und die beteiligten Substanzen sowie ihre Wege ins Blatt hinein und wieder hinaus. In der Zeichnung zum Aufbau des Blattes sind die Blattschichten sowie die Zellorganellen, die an der Fotosynthese beteiligt sind, zu sehen. Die Informationen im Text und im Bild sind demnach nicht redundant. Darüber hinaus kann jede der

Repräsentationen für sich stehen und trotzdem einen biologischen Sachverhalt vermitteln. Demnach haben beide Repräsentationen eine inhaltliche Funktion. Dieser Aufbau wird als für die Naturwissenschaften besonders typisch angenommen. Zur Lösung des Items müssen Schülerinnen und Schüler aus Text und Bild jeweils einen Zusammenhang erschließen und dann eine Beziehung zwischen den Zusammenhängen herstellen (Teilkonstrukt *MER*, Komplexität III). *Fragebogen*: Der Fragebogen enthält 26 Items zu metakognitiven und kognitiven Strategien. Ihm ist ein kurzes Szenario vorangestellt, in dem beschrieben wird, dass es darum geht, einen Text, ein Diagramm oder eine Tabelle bzw. eine Zeichnung im Biologieunterricht möglichst gut zu verstehen. In den Items sind mögliche Vorgehensweisen beschrieben, z. B. „Ich fasse das Gelesene in eigenen Worten zusammen (mündlich oder schriftlich)“. Die Schülerinnen und Schüler müssen auf einer 4-stufigen Likertskala (trifft zu, trifft eher zu, trifft eher nicht zu, trifft nicht zu) angeben, inwieweit diese Vorgehensweisen auf sie zutreffen. Die Items wurden aus Studien wie PISA adaptiert (u. a. Prenzel et al., 2006). Da es in diesen meist um Strategien zum Verstehen von Texten geht, wurden sie für andere Repräsentationen (Diagramm, Tabelle und Zeichnung) entsprechend angepasst.

Stamm: Christian bearbeitet als Hausaufgabe für den Biologieunterricht ein Arbeitsblatt mit dem Titel „Pflanzen bauen organische Stoffe auf“:

Pflanzen bauen organische Stoffe auf

Die untere Blattschicht ist durch kleine, schlitzförmige Öffnungen, die Spaltöffnungen, durchbrochen. Über die Spaltöffnungen dringt Kohlenstoffdioxid in das Blattgewebe ein. Im Blattgewebe findet man Blattgrünkörner, die Chloroplasten. Die Chloroplasten nehmen Kohlenstoffdioxid auf und auch Wasser, das über die Leitbündel herangeführt wird. Mit Hilfe des Sonnenlichts wird in den Chloroplasten aus Wasser und Kohlenstoffdioxid Traubenzucker aufgebaut. Gleichzeitig wird Sauerstoff frei, der durch die Spaltöffnungen entweicht. Diesen Aufbauvorgang bezeichnet man als Fotosynthese.

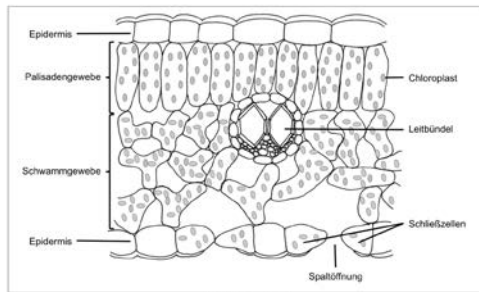


Abb. 1 Blattquerschnitt

Nach dem Lesen des Arbeitsblattes folgert Christian: „In den Zellen des Palisadengewebes, des Schwammgewebes und den Schließzellen der Spaltöffnungen findet Fotosynthese statt. In den Epidermiszellen findet keine Fotosynthese statt.“ Wie kann Christian seine Schlussfolgerung begründen? Erläutere.

Abbildung 1: Aufgabenbeispiel

Stichprobe und Untersuchungsablauf: Beide Instrumente wurden im Rahmen einer Vorstudie (N = 328) vorgetestet, so dass auf Basis der statistischen Kennwerte geeignete Items ausgewählt und diese dann in der Hauptstudie eingesetzt wurden. Die Hauptstudie umfasste eine Stichprobe von N = 968 Schülerinnen und Schülern des 9. und 10. Jahrgangs (Tab. 2).

Tabelle 2: Angaben zur Stichprobe von Vorstudie und Hauptstudie

	Schulform				Geschlecht			Alter		
	H	R	G	GY	♀	♂	k.A.	M	SD	k.A.
Vorstudie	50	0	89	189	166	156	6	14.9	0.9	5
Hauptstudie	42	329	190	407	473	489	6	15.4	0.7	6

H = Hauptschule, R = Realschule, G = integrierte oder kooperative Gesamtschule, GY = Gymnasium

Für die Hauptstudie wurden die Items des Fähigkeitstests im Multimatrixdesign auf verschiedene Testhefte verteilt. Neben 10 bis 12 Items des Fähigkeitstests enthielten alle Testhefte den Strategiefragebogen und einen C-Test zur Kontrolle der Sprachkompetenz (Wockenfuß & Raatz, 2006). Jedes Item des Fähigkeitstests wurde im Mittel von 155.9 Schülerinnen und Schülern beantwortet (SD = 23.8; Min = 86; Max = 187). Die Probanden haben somit jeweils durchschnittlich 9.7 Items bearbeitet. Beim Strategiefragebogen wurde jedes Item im Mittel von 451 Schülerinnen und Schülern beantwortet (SD = 35.8; Min = 395; Max = 503). Jeder Proband hat im Durchschnitt 18 Items beantwortet. Die Bearbeitungszeit für das gesamte Testheft betrug eine Schulstunde (45 Minuten). Zur Auswertung der Daten beider Testinstrumente wurden Raschanalysen mit Winsteps und klassische Analysen mit SPSS durchgeführt. Raschbasierte Analysen von Likert-Skalen (Strategiefragebogen) haben sich auch in anderen Studien bereits als fruchtbar erwiesen (Neumann, Neumann & Nehm, 2011).

Ergebnisse

Prüfung der Items auf Raschhomogenität

Durch die Raschskalierung werden die geschätzten Personenparameter und die Itemschwierigkeiten des Tests auf einer Skala abgebildet (Abb. 2).

große Fähigkeiten

schwere Aufgaben

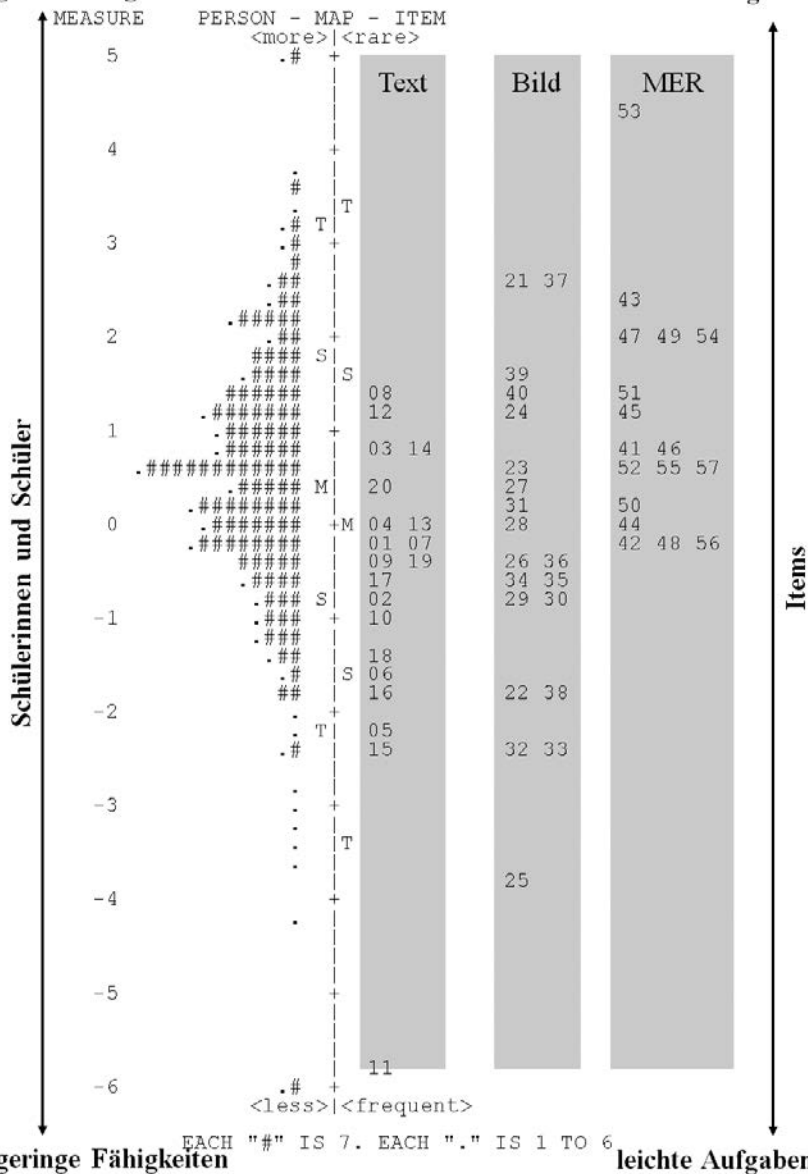


Abbildung 2: Person-Item-Map des Fähigkeitstests

In der Bandbreite von -6 bis 5 sind links die Personen und rechts die Items dargestellt. Personen mit geringen Fähigkeiten und leichte Items befinden sich unten in der Map. Personen mit großen Fähigkeiten und schwierige Items befinden sich oben. Befinden sich Person und Item auf einer Höhe, liegt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Person dieses Item löst, bei 50 %. Der Test enthält Items sehr unterschiedlicher Schwierigkeit. Somit kann eine weite Spanne von Schülerfähigkeiten abgedeckt werden. Zudem ist die Gesamtschwierigkeit des Tests für die Stichprobe angemessen. Die mittlere Personenfähigkeit ($M = .46$; $SD = 1.45$) liegt nur leicht über der mittleren Itemschwierigkeit ($M = .00$; $SD = 1.67$). Der Gesamtttest wies mit $.59$ eine moderate Personenreliabilität auf. Die Itemreliabilität lag mit $.97$ im sehr guten Bereich und ist ein Indikator dafür, dass die Anordnung der Items von leicht nach schwer mithilfe des Datensatzes bestätigt werden kann. Die MNSQ-Werte aller Items lagen im zufriedenstellenden Bereich zwischen $.5 < MNSQ < 1.5$ (Wright & Linacre, 1994).

Die Items des Strategiefragebogens wurden ebenfalls raschskaliert ausgewertet. Dadurch werden nicht nur die Zustimmungswerte auf der 4-stufigen Likertskala, sondern auch der relative Abstand der einzelnen Items in die Berechnungen einbezogen. Die Person-Item-Map des Strategiefragebogens zeigt damit den Grad der Zustimmung der Schülerinnen und Schüler zu den Aussagen in den Items des Fragebogens (Abb. 3).

Die oben abgebildeten Personen äußern eine hohe Zustimmung zu den Items, während die Personen unten wenig Zustimmung äußern. Auf Seite der Items bedeutet dies, dass es schwierig ist, den Items oben zuzustimmen, während es im Vergleich dazu einfach ist, den Items unten zuzustimmen. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person einem Item auf der gleichen Höhe zustimmt, liegt demnach bei 50 %. Betrachtet man eine beliebige Person auf einer bestimmten Höhe in der Person-Item-Map, hat diese Person die Items im Strategiefragebogen, die sich auf gleicher Höhe befinden, häufiger mit „trifft zu“ oder „trifft eher zu“ auf der 4-stufigen Likertskala angekreuzt, als eine Person mit geringen Werten, die sich weiter unten in der Map befindet. Generell kann man feststellen, dass die mittlere Zustimmung der Personen ($M = .46$; $SD = .69$) etwas höher ist als die mittlere Zustimmung der Items ($M = .00$; $SD = .85$). Beim Strategiefragebogen lag die Personenreliabilität mit $.86$ ebenso wie die Itemreliabilität mit $.99$ im sehr guten Bereich. Die MNSQ-Werte waren mit $.5 < MNSQ < 1.5$ zufriedenstellend. Zudem zeigt die Person-Item-Map des Strategiefragebogens, dass es relativ geringe Unterschiede in der Zustimmung der Schülerinnen und Schüler zu den Items des Fragebogens gibt. D. h. es gibt kaum Probanden, die eine sehr hohe oder sehr geringe Zustimmung äußern. Nach eigenen Angaben nutzen sie die beschriebenen Strategien in relativ hohem Maße, wenn sie versuchen, Texte oder Bilder mit biologischem Inhalt zu verstehen.