

SANDRA NITZ, CLAUDIA NERDEL UND HELMUT PRECHTL

Entwicklung eines Erhebungsinstruments zur Erfassung der Verwendung von Fachsprache im Biologieunterricht

Development of an instrument to assess the use of scientific language in biology classes

ZUSAMMENFASSUNG

Der Umgang mit der naturwissenschaftlichen Fachsprache im Biologieunterricht ist ein wichtiges Merkmal der fachspezifischen Unterrichtsqualität. Basierend auf einer holistischen Definition der Fachsprache, die neben verbalsprachlichen auch bildliche und symbolische Repräsentationen einbezieht, wurden fachsprachliche Aspekte der Unterrichtsqualität ausgeschärft und der Schülerfragebogen „Fachsprache im Biologieunterricht“ (FIB) entwickelt. Eine Faktorenanalyse ($N=175$ Lernende, 11. Klasse) ergab sechs Skalen, die den Umgang mit verbalsprachlichen, bildlichen und symbolischen Repräsentationen im Biologieunterricht beschreiben. Die internen Konsistenzen der Skalen waren zufriedenstellend. Aufgrund der geschachtelten Struktur der Schülerdaten wurden außerdem Kriterien der Interraterreliabilität und -übereinstimmung herangezogen. Die Schülerurteile wurden von der Klassenzugehörigkeit beeinflusst und die Schülerinnen und Schüler der einzelnen Klassen stimmten hinreichend in ihrem Urteil über den Umgang mit Fachsprache im Biologieunterricht überein.

Schlüsselwörter: Fachsprache, Repräsentationen, Schülerurteile, Unterrichtsqualität, Fragebogenkonstruktion

ABSTRACT

Using the scientific language adequately in biology class is an important feature of subject-specific instructional quality. A holistic definition of the scientific language that comprises verbal language as well as visual and symbolic representations was used to specify this feature. Based on this specification, a questionnaire for students was developed to assess the use of the scientific language in biology class. A factor analysis ($N=175$ students, 11th grade) revealed six scales that describe reliably the use of verbal, visual and symbolic representations in classes. Due to the nested structure of the data, criteria of interrater reliability and -agreement were used to show that students ratings were affected by class membership and students within a class agreed sufficiently.

Keywords: scientific language, representations, student ratings, instructional quality, questionnaire

1 Einleitung

In einer naturwissenschaftlich-technisch geprägten Wissensgesellschaft sind Kenntnisse naturwissenschaftlicher Konzepte und Prozesse essentielle Elemente der Allgemeinbildung. *Scientific Literacy* orientiert sich an diesen Anforderungen und rückt die Fähigkeit zur Partizipation am Diskurs über naturwissenschaftliche Themen als Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Mittelpunkt. Dabei wird eine grundlegende Bedeutung von *Scientific Literacy* (*fundamental sense*) von einer abgeleiteten Bedeutung (*derived sense*) unterschieden (Norris & Phillips, 2003; Yore, Pimm & Tuan, 2007). Letztere meint ein konzeptuelles und epistemologisches Verständnis der Naturwissenschaften. Die Grundbedeutung beinhaltet u. a. die Fähigkeit zur fachlichen Kommunikation, was die adäquate Verwendung der naturwissenschaftlichen Fachsprache einschließt (Yore et al., 2007). Beide Aspekte von *Scientific Literacy* stehen in einem symbiotischen Verhältnis zueinander und ermöglichen die Partizipation am gesellschaftlichen Diskurs (Norris & Phillips, 2003; Yore et al., 2007). Die Fachsprache ist in diesem Kontext so bedeutungsvoll, weil erst sie es ermöglicht, sich über naturwissenschaftliche Themen zu informieren, naturwissenschaftliches Wissen zu erwerben, dieses Wissen zu kommunizieren und somit am gesellschaftlichen Diskurs über naturwissenschaftliche Themen teilzuhaben (Yore, Bisanz & Hand, 2003; Yore & Treagust, 2006).

Dem Biologieunterricht fällt im Sinne von *Scientific Literacy* die wichtige Aufgabe

zu, Heranwachsende zum Umgang mit der naturwissenschaftlichen Fachsprache und somit zur fachgerechten Kommunikation zu befähigen. Die Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern werden nach dem Angebots-Nutzungs-Modell des Unterrichts von Merkmalen des Umfeldes, den individuellen Eingangsvoraussetzungen, der Lehrperson und der Unterrichtsqualität beeinflusst (Helmke, 2008). Neben fachunabhängigen Qualitätsmerkmalen des Unterrichts wie z. B. einer effizienten Klassenführung werden zunehmend auch fachspezifische Qualitätsmerkmale beschrieben und untersucht (Fischer, Borowski, Kauertz & Neumann, 2010; Helmke, 2008; Neuhaus, 2007). Der angemessene Umgang mit der biologischen Fachsprache wird dabei explizit als ein fachspezifisches Unterrichtsqualitätsmerkmal für den Biologieunterricht aufgefasst (Neuhaus, 2007; Wüsten, 2010).

2 Theoretischer Hintergrund

Im Folgenden wird zunächst die dieser Studie zugrunde liegende Konzeption der naturwissenschaftlichen Fachsprache ausgeführt (2.1) und es werden diejenigen Aspekte fachspezifischer Unterrichtsqualität dargestellt, die sich auf die naturwissenschaftliche Fachsprache im Biologieunterricht beziehen (2.2). Im Anschluss wird auf verschiedene methodische Zugänge zur Erfassung von Unterrichtsqualität eingegangen (2.3).

2.1 Naturwissenschaftliche Fachsprache

Was zeichnet die Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht aus? Obwohl der Begriff Fachsprache sofort bestimmte Vorstellungen hervorruft, ist eine eindeutige (linguistische) Definition bisher nicht gelungen – zu vielseitig und -schichtig sind mögliche Betrachtungsansätze (Fluck, 1996; Rincke, 2010; Roelcke, 2005). Eine Definition wird ferner dadurch erschwert, dass Fachsprache oft der Gemein- bzw. Alltagssprache gegenüber gestellt wird, wobei diese nur schwer voneinander abgrenzbar sind, enthält Fachsprache doch immer auch alltagssprachliche Elemente und umgekehrt (Fluck, 1996; Kattmann, 2006; Rincke, 2010). Oft ist nur aus dem Kontext ersichtlich, ob es sich bei einem sprachlichen Element um ein Element der Fach- oder Alltagssprache handelt (vgl. Schmiemann, 2012). Gerade im Schulunterricht sind die Grenzen fließend (Rincke, 2010), so dass Fach- und Alltagssprache eher als Endpunkte eines Kontinuums angesehen werden können denn als völlig distinkte Kategorien (vgl. hierzu auch Schmiemann, 2012). Roelcke (2005) empfiehlt in diesem Sinne von einer strengen Abgrenzung fachsprachlicher und alltagssprachlicher Varietäten abzusehen und stattdessen innersprachliche Merkmale zu bestimmen, die für verschiedene funktionale Bedingungen (z. B. fachliche Kommunikation) charakteristisch sind. So zeichnet sich Fachsprache durch eine Reihe von strukturellen (u. a. Normhaftigkeit in Lexik, Morphosyntax und Textstrukturen) und funktionalen (u. a. Deutlichkeit, Ver-

ständigkeit, Ökonomie) Eigenschaften aus (Fluck, 1996; Rincke, 2010; Roelcke, 2005). Die Aufgabe einer Fachsprache ist die Ermöglichung einer möglichst präzisen und ökonomischen Verständigung über bestimmte Gegenstands- und Sachbereiche (Fluck, 1996). Diese funktionelle Sichtweise von Fachsprache spiegelt sich auch in verschiedenen linguistischen Konzeptionen von Fachsprache wider. Nach Roelcke (2005) sind in der linguistischen Fachsprachenforschung drei Konzeptionen zu unterscheiden:

(1) Die Systemlinguistik versteht Fachsprache vor allem lexikalisch als „Gesamtheit aller sprachlichen Mittel, die in einem fachlich begrenzten Kommunikationsbereich verwendet werden, um die Verständigung zwischen den in diesem Bereich tätigen Menschen zu gewährleisten“ (Hoffmann, 1985, 53). (2) Im Zuge einer pragmalinguistischen Orientierung erfolgt eine Loslösung von der rein lexikalischen Betrachtungsweise. Fachsprache wird weniger als ein System von Zeichen, sondern vielmehr als eine Textäußerung im Rahmen einer fachlichen Kommunikation aufgefasst (Roelcke, 2005). (3) Seit den 1990er Jahren wird zur Untersuchung von Fachsprache ein kognitionslinguistisches Funktionsmodell zugrunde gelegt, welches sich auf die Fachkommunikation und deren kognitive Grundlagen bezieht: „Fachkommunikation ist die [...] auf fachliche Ereignisse [...] gerichtete Exteriorisierung und Interiorisierung von Kenntnissystemen und kognitiven Prozessen [...]“ (Hoffmann, 1993, 614). Pragma- und kognitionslinguistische Modelle der Fachsprache, die vor allem auf

die Ermöglichung der fachlichen Kommunikation durch die Fachsprache fokussieren, unterstreichen die Bedeutung einer holistischen Betrachtungsweise der naturwissenschaftlichen Fachsprache: Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden nicht nur über verbalsprachliche Äußerungen (geschriebene oder gesprochene Texte) kommuniziert, vielmehr wird für eine ökonomische und präzise Kommunikation fachlicher Sachverhalte auf eine Vielzahl verschiedener Darstellungsformen zurückgegriffen. Lemke (1998) beschreibt in diesem Zusammenhang die naturwissenschaftliche Fachsprache als „a synergistic integration of words, diagrams, pictures, graphs, maps, equations, tables, charts, and other forms of visual and mathematical expression“. Eine holistische Betrachtungsweise der naturwissenschaftlichen Fachsprache bezieht damit alle Repräsentationen ein, die genutzt werden, um über fachliche Inhalte zu kommunizieren (Lemke, 1998; Yore & Hand, 2010). Hierzu gehören neben der Verbalsprache beispielsweise auch bildliche und symbolische Repräsentationen biologischer Konzepte. Aus semiotischer Sicht sind Repräsentationen Zeichen, die für ein Objekt oder einen Prozess stehen (Eco, 1994, 29) und u. a. durch ihren Modus und ihre Kodierung gekennzeichnet sind. Kommunikation in den Naturwissenschaften wird als ein multimodaler Diskurs aufgefasst, der sich einer multimodalen und -kodalen Fachsprache bedient (Kress, Jewitt, Ogborn & Tsatsarelis, 2001; Waldrip, Prain & Carolan, 2010; Yore & Hand, 2010).

2.2 Naturwissenschaftliche Fachsprache im Biologieunterricht

Der Multimodalität und -kodalität von Fachsprache muss auch im Biologieunterricht Rechnung getragen werden. Im Sinne einer fachgerechten Kommunikationsfähigkeit der Lernenden, die ein Ziel des Biologieunterrichts und nicht losgelöst von den fachlichen Gegebenheiten vermittelbar ist, ist es unumgänglich, die naturwissenschaftliche Fachsprache im Unterricht ebenfalls holistisch zu betrachten und verschiedene Repräsentationen einzubeziehen. Tatsächlich wird im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer auf eine Vielzahl von Repräsentationen zurückgegriffen (vgl. Stäudel, Franke-Braun & Parchmann, 2008). Kommuniziert man im Biologieunterricht beispielsweise über das Thema Fotosynthese, werden hierzu verschiedene verbale, bildliche und symbolische Repräsentationen genutzt (siehe Tab. 1).

Empirische Studien, die den Einsatz verbalsprachlicher, bildlicher und symbolischer Repräsentationen, ihre Orchestrierung im naturwissenschaftlichen Unterricht sowie den Einfluss auf Schülerfähigkeiten in den Blick nehmen, existieren bislang nur für den Physikunterricht. Analysen von Unterrichtseinheiten zu verschiedenen Themen in australischen Schulklassen (Klassenstufen 4–8) zeigten ein einheitliches Bild: Die Darstellung naturwissenschaftlicher Konzepte mit verschiedenen Repräsentationen ist für Lernende kognitiv herausfordernd, kann jedoch zugleich auch zu einem tieferen Verständnis führen (Hubber, Tytler & Haslam, 2010; Prain

Tab. 1: Unterscheidung bildlicher, symbolischer und verbaler Repräsentationen für das Thema „Fotosynthese“

	REPRÄSENTATION	BEISPIELE FÜR DAS THEMA FOTOSYNTHESE ¹
bildlich	<i>Realistische Bilder</i> weisen eine konkrete Form der strukturellen Übereinstimmung mit dem repräsentierten Gegenstand auf (z. B. ähnelt die Zeichnung eines Laubblattes dem realen Laubblatt). Hierzu zählen u. a. Fotografien, Skizzen, Schemazeichnungen (vgl. Schnotz, 2001).	<i>Fotografien</i> von Pflanzen, mikroskopische Aufnahmen von Spaltöffnungen und Blattquerschnitten; <i>Skizzen</i> von Versuchsaufbauten; <i>Schematische Abbildungen</i> des Aufbaus von Chloroplasten und der Fotosysteme
	<i>Logische Bilder</i> zeigen eine abstraktere Form der Bildhaftigkeit, die hoch konventionalisiert ist. Sie weisen keine sichtbaren Übereinstimmungen mit dem Gegenstand auf, jedoch werden die logischen Relationen zwischen Merkmalen des Gegenstandes abgebildet, so dass abstrakte strukturelle Übereinstimmungen bestehen (z. B. werden in einem Liniendiagramm durch räumliche Distanzen nicht-räumliche Merkmale des Gegenstandes repräsentiert; vgl. Schnotz, 2001). Hierzu zählen u. a. Linien-, Säulen- und Flussdiagramme.	<i>Liniendiagramme</i> zur Abhängigkeit der Fotosyntheserate von Außenfaktoren, Absorptionsspektren; <i>Säulendiagramme</i> zur Darstellung des Emerson-Effekts; <i>Flussdiagramme</i> in Form des Z-Schemas des fotosynthetischen Elektronentransports, Calvinzyklus
symbolisch	<i>Strukturformeln</i> geben an, wie die in einem Molekül befindlichen chemischen Elemente miteinander verbunden sind.	Strukturformeln für Chlorophyll, Reaktanden des Calvinzyklus
	<i>Reaktionsgleichungen</i> stellen den Ablauf chemischer Reaktionen dar und geben die Reaktanden und Produkte einer Stoffumwandlung in Formelschreibweise wider.	Bruttogleichung der Fotosynthese $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
	<i>Summenformeln</i> geben die Art und Anzahl chemischer Elemente in einer Verbindung an. Genutzt werden hierzu chemische Symbole und Zahlenindices.	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, CO_2 , H_2O
verbal	<i>Fachtexte</i> sind zusammenhängende, sachlogisch gegliederte und abgeschlossene sprachliche Äußerungen, die aus einer endlichen Menge kohärenter Sätze bestehen und einen fachlichen Sachverhalt widerspiegeln (vgl. Roelcke, 2005)	Alle Arten von Texten, die Fotosynthese behandeln: Schulbuchtexte, Texte in Arbeitsblättern, Lexikonartikel, aber auch Texte, die von den Lernenden zum Thema verfasst werden.
	<i>Fachbegriffe</i> sind Begriffe, die im Kontext des Biologieunterrichts verwendet werden, um biologische Konzepte zu benennen und üblicherweise nicht im Alltag genutzt werden (vgl. Schmiemann, 2012).	Chloroplast, Lichtreaktion, Calvin-Zyklus

¹ Die hier aufgeführten Beispiele beruhen auf einer Analyse von Unterrichtsmaterialien zum Thema Fotosynthese in der gymnasialen Oberstufe.

& Waldrup, 2006; Tytler, Peterson & Prain, 2006; Waldrup, Prain & Carolan, 2006). Aus den Ergebnissen folgern die jeweiligen Autoren, dass der Umgang mit verschiedenen Repräsentationen naturwissenschaftlicher Konzepte in möglichst vielen Kontexten im Unterricht explizit angesprochen und geübt werden sollte. Auf Grundlage ihrer Studie empfehlen Hubber et al. (2010) ein Unterrichtsverhalten, das einer Sichtweise des Lehren und Lernens als repräsentationsbasiertem, aktivem und diskursivem Prozess entspricht. Lehrkräfte müssen hierzu zum einen verstehen, welche Rolle Repräsentationen für das Lehren und Lernen spielen, und zum anderen eine Lernumgebung bieten, die den Lernenden vielfältige Möglichkeiten zum aktiven Umgang mit naturwissenschaftlichen Repräsentationen bietet sowie ihre Rolle und Funktion explizit macht. Die genannten Studien zeigen, dass ein explizites Unterrichten der Interpretation und Konstruktion naturwissenschaftlicher Repräsentationen ausschlaggebend ist für die Entwicklung der Schülerfähigkeiten hinsichtlich des Umgangs mit ihnen. Allerdings wurden in drei der Studien die entsprechenden Unterrichtseinheiten mit der jeweiligen Forschungsgruppe gemeinsam geplant. Dementsprechend spiegeln diese Unterrichtseinheiten nicht bzw. nur eingeschränkt die übliche Unterrichtspraxis der beteiligten Lehrkräfte wider. Wie Repräsentationen im Unterricht behandelt und benutzt werden, sollte daher weiter untersucht und dokumentiert werden. Die bisher durchgeführten Studien nutzen zur Dokumentation Videos, Unterrichtsbeobachtungen und Interviews. Diese He-

rangehensweise ist jedoch sehr zeit- und kostenaufwendig und eignet sich nicht, um den Umgang mit den verschiedenen Repräsentationen, die konstituierend für die naturwissenschaftliche Fachsprache sind, in einer Vielzahl von Klassen zu analysieren und dokumentieren. Bislang existieren jedoch keine ökonomischen Instrumente zur Erfassung des Umgangs mit der naturwissenschaftlichen Fachsprache, die eine holistische Betrachtung von Fachsprache zugrunde legen und Qualitätskriterien genügen. In dieser Studie wird daher die Entwicklung und Erprobung eines Fragebogens („Fachsprache im Biologieunterricht“; FIB), der den Umgang mit Fachsprache im Biologieunterricht aus Schülersicht (siehe hierzu 2.3) erfasst und auf einer holistischen Auffassung von Fachsprache beruht, dokumentiert. Zur Entwicklung des Fragebogens wurden neben den o. g. noch weitere empirische Befunde bzw. didaktische Empfehlungen zum Umgang mit verschiedenen Repräsentationen (verbalsprachliche, bildliche und symbolische) herangezogen. Daraus wurden Aspekte einer fachspezifischen Unterrichtsqualität abgeleitet, die sich auf die naturwissenschaftliche Fachsprache beziehen.

Generell kann beim Umgang und Lernen mit verbalsprachlichen, bildlichen und symbolischen Repräsentationen zwischen der *Interpretation* gestellter Repräsentationen und einer eigenständigen *Konstruktion* durch die Lernenden selbst unterschieden werden, wobei letzteres als besonders wichtig für die Entwicklung eines konzeptuellen Verständnisses angesehen wird (Ainsworth, 2006; Ainsworth,

Prain & Tytler, 2011; diSessa, 2004; Hand, Prain, Lawrence & Yore, 1999; Greeno & Hall, 1997; Tytler et al. 2006; Yore & Hand, 2010). Sowohl die Interpretation als auch die Konstruktion domänenspezifischer Repräsentationen sollten daher von den Lernenden beherrscht werden (Ainsworth, 2006). Dies impliziert allerdings auch, dass beide Aspekte im Unterricht explizit angesprochen und gelehrt werden sollten (Hubber, et al., 2010; Waldrip et al., 2010).

Einem mangelnden Leseverständnis von Fachtexten (Interpretation von verbalen Repräsentationen) kann beispielsweise mit dem Einsatz verschiedener Lesestrategien im Unterricht begegnet werden (Leisen & Mentges, 2009). Die Bedeutung der eigenständigen Textproduktion (Konstruktion von verbalen Repräsentationen) durch die Lernenden wird durch den *writing-to-learn* Ansatz hervorgehoben (Hand et al., 1999; Yore et al., 2003).

Die Annahme, dass bildliche Darstellungen per se ein leicht verständliches Medium seien und den Wissenserwerb ohne weitere instruktionale Maßnahmen unterstützten, ist oft widerlegt worden (siehe z. B. Ainsworth, 1999, 2006). Vielmehr müssen das Verstehen und die Handhabung bildlicher Repräsentationen im Unterricht explizit angesprochen werden (Schnotz, 1993). Es konnte gezeigt werden, dass explizite Unterstützungsmaßnahmen das Verständnis von bildlichen Darstellungen fördern und Schwierigkeiten ausräumen (z. B. Bartholomé & Bromme, 2009; Seufert, 2003). Schüler-schwierigkeiten beim Umgang mit Diagrammen, die zu den logischen Bildern

gehören, betreffen beispielsweise sowohl die Auswahl des richtigen Diagrammtyps, eine richtige und vollständige Achsenbelegung und -beschriftung sowie die Skalierung der Achsen (Konstruktionsaspekte) als auch das Ablesen von Informationen aus Diagrammen (Interpretationsaspekte; vgl. Lachmayer, 2008; Lachmayer, Nerdel & Prechtl, 2007). Die Behandlung von Diagrammen im Biologieunterricht sollte daher neben der Informationsentnahme aus Diagrammen (Interpretation) auch explizit die Konstruktion und Integration einschließen (Lachmayer, 2008). Diese Überlegungen sollten prinzipiell auch auf den Umgang mit realistischen Bildern im Unterricht übertragbar sein (vgl. Ainsworth et al., 2011, *drawing to learn*).

Die zum Verständnis biologischer Konzepte nötigen Kenntnisse der (chemischen) Symbolsprache sind bei Lernenden als nicht ausreichend einzustufen (Berck, 2005). Im Allgemeinen zeigen Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten bei der Interpretation von Summenformeln (Keig & Rubba, 1993), der Interpretation und der Konstruktion von Strukturformeln (Keig & Rubba, 1993; Kownatzki 1980) und bei der Interpretation und dem Aufstellen von Reaktionsgleichungen (Musli, 2008). Um dem entgegen zu wirken, bedarf es einer gezielten Auswahl und eines gezielten Trainings symbolischer Repräsentationen auch im Biologieunterricht (Berck, 2005; Stäudel et al., 2008).

Ein weiterer repräsentationaler Aspekt des Lehren und Lernens, der den Aufbau konzeptionellen Verständnisses begünstigen kann, ist die Nutzung von *multiplen externen Repräsentationen* im Unterricht. Dadurch

wird es den Lernenden ermöglicht, zwischen verschiedenen Repräsentationen zu wechseln bzw. zu übersetzen, verbindende Elemente zu identifizieren, die dargestellten Informationen zu integrieren sowie über die Formen und Funktionen von Repräsentationen zu diskutieren (Ainsworth, 1999, 2006; Hand & Choi, 2010; Hubber et al., 2010; Seufert, 2003). Aus diesen Gründen sollte neben der Interpretation und der Konstruktion auch die *Translation domänenspezifischer Repräsentationen* im Unterricht explizit angesprochen und berücksichtigt werden.

Sprachlicher (repräsentationaler) Wissenserwerb ist im Unterricht entsprechend der sozialen Semiotik durch das kommunikative Aushandeln von Zeichen bestimmt (Lemke, 1990). Eine unterentwickelte Kommunikationskultur im Unterricht, in der das Gespräch von der Lehrkraft dominiert wird, trägt daher zu fachsprachlichen Defiziten bei (Lemke, 1990; Mortimer & Scott, 2000; Scott, 1998). Um dieser Problematik zu begegnen, ist eine methodische Vielfalt im Unterricht (Stäudel et al., 2008) sowie die Ermöglichung einer *aktiven sozialen Konstruktion von Wissen* erforderlich. In diesen Aushandlungsprozessen im Unterricht spielt die Alltagssprache der Lernenden eine wichtige Rolle, da ihr die Funktion eines Mittlers im Lern- und Aneignungsprozess zukommt (Lemke, 2003; 2004; Stäudel et al., 2008). Eine Problematik, die sich dabei ergibt, ist die Polysemie von Begriffen auf Ebene der Fach- und Alltagssprache, da hierbei unterschiedliche Konzepte (Alltagsvorstellung vs. fachlich korrekte Vorstellung) durch dieselben Wörter ausgedrückt werden (Fi-

scher, 1998). Lemke (1990) und Rincke (2010) empfehlen, dass im Unterricht sowohl fach- als auch Alltagssprachliche Ausdrucksformen genutzt, aber voneinander unterschieden werden.

Diesbezüglich ist eine weitere Eigenschaft der biologischen Fachsprache bedeutsam, nämlich die umfassende Terminologie. Analysen von Unterrichtssprache und Lehrmaterialien zeigen, dass der naturwissenschaftliche Unterricht häufig mit Fachbegriffen überfrachtet ist, woraus Verständnisschwierigkeiten für die Lernenden resultieren (Berck & Graf, 1992; Merzyn, 1996; Wellington & Osborne, 2001). Um dem entgegen zu wirken, wird im Sinne einer Begriffsökonomie ein gezielterer und von der Anzahl reduzierter Umgang mit Fachbegriffen empfohlen (Berck & Graf, 1992; Kattmann, 2006).

Aus den dargestellten empirischen Befunden und didaktischen Überlegungen lassen sich konkrete Aspekte einer fachspezifischen Unterrichtsqualität bezogen auf die Verwendung der naturwissenschaftlichen Fachsprache im Biologieunterricht ableiten. Demnach sollte sich eine hohe Unterrichtsqualität durch die explizite Integration der folgenden Elemente in Unterrichtsrouninen auszeichnen:

- 1) Interpretation und eigenständige Konstruktion von
 - a. verbalsprachlichen Repräsentationen (fachliche Texte)
 - b. bildlichen Repräsentationen (logische und realistische Bilder)
 - c. symbolischen Repräsentationen (chemische Reaktionsgleichungen, Summenformeln, Strukturformeln)

- 2) Arbeiten mit multiplen externen Repräsentationen und das aktive Übersetzen zwischen diesen
- 3) Ermöglichung des Aushandelns von Begriffsbedeutungen durch die Lernenden und damit der aktiven sozialen Konstruktion von Wissen
- 4) Explizierte Thematisierung des Unterschiedes zwischen Fach- und Alltagssprache
- 5) Gezielterer Umgang mit einer reduzierten Anzahl von Fachbegriffen

2.3 Erfassung von Unterrichtsqualität

In der empirischen Unterrichtsforschung wird im Allgemeinen auf drei Datenquellen zur Erfassung der Unterrichtsqualität zurückgegriffen: Die Wahrnehmung von Lehrkräften, Lernenden oder externen Beobachtern (Clausen, 2002). Bezogen auf den Durchführungsaufwand und die Kosten einer Erhebung sind Lehrer- und Schülerbefragungen (per Ratingfragebögen) vorteilhafter als die Nutzung standardisierter Beobachtungsverfahren, da erstere eine ökonomische und kostengünstige Durchführung ermöglichen (Clausen, 2002; De Jong & Westerhof, 2001; Fraser & Walberg, 1981). Weiterhin sind Schüler- bzw. Lehrerurteile repräsentativer, da ihnen ein längerer Erfahrungszeitraum zugrunde liegt als der Beurteilung einer begrenzten Anzahl von Unterrichtsstunden durch einen externen Beobachter (Clausen, 2002; Fraser & Walberg, 1981). Erfordert die Fragestellung einer Studie einen längeren Beobachtungszeitraum, kann die Nutzung von Schüler- bzw. Lehrerurteilen

damit standardisierten Beobachtungsverfahren überlegen sein. Standardisierte Beobachtungen hingegen sind objektiver als die per se subjektive Lehrer- bzw. Schülerwahrnehmung von Unterricht. Dennoch weisen gerade Schülerurteile eine mit Beobachterdaten vergleichbar hohe Reliabilität auf, wenn klassenweise aggregierte Daten der Schülerwahrnehmung genutzt werden (Clausen, 2002). Studien belegen darüber hinaus die prädiktive Validität von Unterrichtsmerkmalen, die durch Klassenmittelwerte erfasst wurden (z. B. Clausen, 2002; De Jong & Westerhof, 2001; Gruehn, 2000). Allerdings können sowohl Lehrer- als auch Schülerurteile durch verschiedene Antworttendenzen verzerrt werden (Clausen, 2002). Weiterhin wird die Schülerwahrnehmung durch den individuellen Leistungsstand des einzelnen Schülers beeinflusst, was jedoch durch die Nutzung von klassenweise aggregierten Daten ausgeglichen wird, wenn eine symmetrische Leistungsverteilung innerhalb der Klasse vorliegt (Clausen, 2002). Auf Klassenebene aggregierte Schülerurteile weisen also eine Reihe von Vorteilen auf. Verglichen mit Lehrerurteilen sind sie aufgrund der höheren Reliabilität und der prädiktiven Validität überlegen, verglichen mit externen Beobachtern beziehen sie sich auf einen längeren Beobachtungszeitraum und sind somit repräsentativer. Darüber hinaus eignen sie sich aufgrund ihrer prädiktiven Validität und der vergleichsweise ökonomischen Handhabung gut für die Beurteilung von Unterrichtsqualität. Die Nutzung von auf Klassenebene aggregierten Schülerurteilen, um zu generalisierten Informationen

über den Unterricht im Sinne einer geteilten Schülerwahrnehmung zu gelangen, ist allerdings nur dann gerechtfertigt, wenn diese in ihrem Urteil hinreichend übereinstimmen (Lüdtke, Trautwein, Kunter & Baumert, 2006). Es wird daher die Überprüfung der Interraterreliabilität und -übereinstimmung empfohlen (Lüdtke et al., 2006; siehe 4.3).

3 Ziel der Studie

Zur Beurteilung der Aspekte fachspezifischer Unterrichtsqualität hinsichtlich des Umgangs mit Fachsprache im Biologieunterricht erscheinen Schülerfragebögen vor allem wegen der oben genannten Vorteile besonders geeignet. Das Ziel dieser Studie ist daher die Entwicklung und Testung eines Schülerfragebogens, der die in 2.2 beschriebenen Aspekte einer fachspezifischen Unterrichtsqualität bezogen auf die Verwendung der naturwissenschaftlichen Fachsprache im Biologieunterricht abdeckt und Gütekriterien genügt. Zur Beurteilung, ob die Schülerinnen und Schüler einer Klasse hinreichend in ihrem abgegebenen Urteil übereinstimmen, werden außerdem Kriterien der Interraterreliabilität und -übereinstimmung herangezogen.

4 Methode

4.1 Entwicklung des Fragebogens zur Unterrichtsqualität

Zur Erhebung der fachspezifischen Unterrichtsqualität bezüglich des Umgangs mit

der naturwissenschaftlichen Fachsprache aus Schülersicht wurden Items entsprechend der im theoretischen Hintergrund beschriebenen Aspekte der Unterrichtsqualität entwickelt (s. Tab. 3):

- 1) Interpretation und eigenständige Konstruktion von
 - a. verbalsprachlichen Repräsentationen: Fachliche Texte (8 Items)
 - b. bildlichen Repräsentationen: Realistische und logische Bilder (15 Items)
 - c. symbolischen Repräsentationen (6 Items)
- 2) Arbeiten mit multiplen externen Repräsentationen und das aktive Übersetzen zwischen diesen (17 Items)
- 3) Ermöglichung des Aushandelns von Bedeutungen zwischen Lernenden und damit der aktiven sozialen Konstruktion von Wissen (7 Items)
- 4) Explizierte Thematisierung des Unterschiedes zwischen Fach- und Alltagssprache (9 Items)
- 5) Gezielterer Umgang mit einer reduzierten Anzahl von Fachbegriffen (5 Items)

Die Items wurden auf einer vierstufigen Ratingskala (*nie – selten – manchmal – regelmäßig*) bewertet. Zur Abdeckung des Aspektes aktive soziale Konstruktion von Wissen wurden Items aus der COACTIV-Studie adaptiert (Baumert et al., 2009, *Aktive soziale Konstruktion von Verständnis*).

4.2 Stichprobe und Durchführung

An der Untersuchung nahmen 175 Schülerinnen und Schüler (51.4% weiblich) im

Alter von 15–19 Jahren ($M=16.7$, $SD=0.6$) aus acht Biologiekursen der 11. Jahrgangsstufe von vier Gymnasien teil. Die befragten Kurse wurden durchschnittlich seit einem Jahr von den entsprechenden Lehrkräften ($N=7$) unterrichtet ($M=0.95$; $SD=0.84$). Der Fragebogen wurde allen Schülerinnen und Schülern in der Schule direkt nach einer Unterrichtseinheit zum Thema Fotosynthese ausgehändigt. Sie wurden schriftlich instruiert, sich bei der Bewertung auf diese Unterrichtseinheit zu beziehen. Da der Fragebogen in der Lage sein sollte, reliabel zwischen verschiedenen Klassen zu differenzieren, war es nötig die Thematik der Unterrichtseinheit zu kontrollieren. Das Thema Fotosynthese wurde ausgewählt, da eine Vielzahl verschiedener Repräsentationen genutzt werden kann, um diesen biologischen Inhalt darzustellen (siehe Tab. 1). Die Bearbeitungszeit für das Ausfüllen des Fragebogens betrug ca. 30 Minuten. Außerdem fanden sich in der Instruktion kurze Erläuterungen der Begriffe *Diagramm*, *Abbildung*, *chemische Symbole* und *Fachtext* (vgl. hierzu die Beispiele in Tab. 1).

4.3 Interraterreliabilität und -übereinstimmung

Zur Beurteilung, ob die Schülerinnen und Schüler einer Klasse in ihrem Urteil auf einer Skala hinreichend übereinstimmen, wurden Kriterien der Interraterreliabilität und -übereinstimmung (IRR und IRA) herangezogen. Zur Bestimmung der

IRR bzw. IRA wurden entsprechend der Empfehlungen von Lüdtke et al. (2006) die Intraklassenkorrelationen ICC(1) und ICC(2) bzw. die Übereinstimmungsindices $r_{WG(j)}$ und $AD_{M(j)}$ berechnet. Die angewendeten Formeln sind in Tab. 2 zusammengestellt. In die Berechnung gingen die Daten aus sechs Klassen¹ ein.

Die ICC(1) beruht auf einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Zufallseffekten, in die das Schülerrating als abhängige Variable und die Klassenzugehörigkeit als unabhängige Variable eingehen (Lüdtke et al., 2006). Sie dient der Einschätzung der Reliabilität eines einzelnen Urteilers und gibt das Ausmaß an, inwiefern das Urteil des einzelnen Lernenden durch die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Klasse beeinflusst ist (Lüdtke et al., 2006). Werte von .01 können als kleiner, Werte von .10 als mittlerer und Werte von .25 als großer Effekt interpretiert werden (LeBreton & Senter, 2008). Die ICC(2) ist ein Maß für die Reliabilität des über alle Schüler einer Klasse gemittelten Urteils, wobei Werte größer .70 für eine befriedigende Reliabilität sprechen (Lüdtke et al., 2006).

Neben der Reliabilität von Schülerurteilen sollte auch die absolute Übereinstimmung der Schülerurteile innerhalb einer Klasse bestimmt werden. Die absolute Übereinstimmung im Sinne der IRA bezogen auf eine Skala wurde entsprechend Lüdtke et al. (2006) anhand der Übereinstimmungsindices $r_{WG(j)}$ und $AD_{M(j)}$ berechnet. Der $r_{WG(j)}$ setzt die beobachtete Varianz zwischen den Lernenden, die bei

¹ Zwei Klassen der Gesamtstichprobe konnten nicht in die Berechnung einbezogen werden, da eine Zuordnung der Testhefte zu den einzelnen Klassen nicht möglich war.

hoher Übereinstimmung möglichst gering sein sollte, in Verhältnis zur Varianz einer Referenzverteilung. Als Referenzverteilung wurde eine Gleichverteilung gewählt, die zu erwarten ist, wenn die Lernenden zufällig urteilen würden (Lüdtke et al., 2006). Werte zwischen .51 und .70 gelten als moderate, Werte zwischen .71 und .90 als starke Übereinstimmung (LeBreton & Senter, 2008). Der $AD_{M(j)}$ basiert auf der mittleren Abweichung der einzelnen Schülerurteile vom Mittelwert der Items und sollte bei einer vierstufigen Ratingskala den Wert von .67 nicht überschreiten (Burke, Finkelstein & Dusig, 1999).

5 Ergebnisse

5.1 Skalanalyse

Zur Aufdeckung der Faktorenstruktur wurde eine Faktorenanalyse durchgeführt. Die Eignung der zugrundeliegenden Korrelationsmatrix wurde anhand des Kaiser-Meyer-Oelkin-Koeffizienten (KMO) und des Bartlett-Tests auf Sphärität überprüft (Tabachnick & Fidell, 2007). Beide Kriterien zeigten eine gute Eignung der Daten für die Durchführung einer Faktorenanalyse an (KMO = .80, *meritorious*, Bartlett Test: $\chi^2(496, N = 158) = 2262.38, p < .001$). Um die Anzahl der zu extrahie-

Tab. 2: Verwendete Maße zur Bestimmung der IRR und IRA (Lüdtke et al., 2006)

Index	Berechnungsformel
$ICC(1)$	$ICC(1) = \frac{\tau^2}{(\tau^2 + \sigma^2)}$ <p>τ^2 = Varianz zwischen Klassen; σ^2 = Varianz innerhalb Klassen</p>
$ICC(2)$	$ICC(2) = \frac{k \cdot ICC(1)}{1 + (k-1) \cdot ICC(1)}$ <p>k = mittlere Klassengröße</p>
$r_{WG(j)}$	$r_{WG(j)} = \frac{J[1 - (\bar{s}^2/\sigma^2)]}{J[1 - (\bar{s}^2/\sigma^2)] + \bar{s}^2/\sigma^2}$ <p>J = Itemanzahl (Skala), \bar{s}^2 = mittlere Varianz der J Items, σ^2 = Varianz der Referenzverteilung (= $(A^2 - 1)/12$, mit A Anzahl der Kategorien)</p>
$AD_{M(j)}$	$AD_M = \frac{\sum_{k=1}^N x_k - \bar{x} }{N}$ $AD_{M(j)} = \frac{\sum_{j=1}^J AD_{m(j)}}{J}$ <p>N = Anzahl der Urteile; x_k = Wert des k-ten Urteilers auf einem Item; \bar{x} = Mittelwert der Urteiler über das Item, J = Itemanzahl (Skala)</p>

renden Faktoren zu bestimmen, wurde eine Parallelanalyse und der *Minimum Average Partial Correlation Test* durchgeführt (O'Connor, 2000). Zur Aufdeckung der Faktorenstruktur wurden Hauptachsenanalysen mit obliquen Rotation durchgeführt. Items, die Faktorladungen kleiner 0.30 aufwiesen, wurden ausgeschlossen. Eine Hauptachsenanalyse mit anschließender Promax-Rotation ergab sechs inhaltlich interpretierbare Faktoren (mit 32 Items), die 50 % der Gesamtvarianz aufklärten (siehe Tab. 3). Die Angemessenheit der Rotationsmethode wurde im Sinne der Einfachstruktur beurteilt (Tabachnick & Fidell, 2007). Die Einfachstruktur dieser Lösung wurde mit dem *index of factorial simplicity* (IFS = .89; *meritorious*, Kaiser, 1974) und anhand des *hyperplane counts* (Cattell, 1966) überprüft und bestätigt. Eine substantielle Doppelbelastung (>0.30) trat in der Mustermatrix nicht auf (siehe Tab. 3).

Die so erhaltenen Skalen wurden auf ihre interne Konsistenz und Trennschärfe ihrer Items getestet. Alle sechs Skalen wiesen mit Werten für Cronbachs α von .68 bis .88 zumindest für Gruppenvergleiche zufriedenstellende interne Konsistenzen auf (Lienert & Raatz, 1994), wobei nur zwei der Skalen knapp unter .70 lagen (siehe Tab. 3). Die Trennschärfen der einzelnen Items lagen zwischen .42 und .76 und sind somit als mittelmäßig bis hoch anzusehen (Bortz & Döring, 2006, 220).

Die erste Skala enthält Items (1–8), die den Umgang mit realistischen und logischen Bildern im Biologieunterricht im Sinne der Interpretation abdecken (*Interpretation von bildlichen Repräsentationen im*

Biologieunterricht, bildint). Dies wird besonders deutlich im Kontrast zur zweiten Skala, deren Items (9–17) die aktive Konstruktion von bildlichen Repräsentationen (Diagramme und Abbildungen) durch die Lernenden selbst beschreiben (*Konstruktion von bildlichen Repräsentationen im Biologieunterricht, bildko*). Die Items der dritten Skala *fachliche Texte im Biologieunterricht (text)* beschreiben, wie mit verbalen Repräsentationen im Biologieunterricht gearbeitet wird. Hier sind Items zusammengefasst, die sowohl die Interpretation fachlicher Texte im Sinne des Einsatzes von Lesestrategien (Item 18, 19, 22) als auch die eigenständige Konstruktion von fachlichen Texten (*writing-to-learn*, Item 20, 21) abdecken. Items, die aus der COACTIV-Studie übernommen wurden, um die aktive soziale Konstruktion von Wissen abzudecken, ergeben die Skala *aktive soziale Konstruktion (sozk)*: Diese Items (23–25) beschreiben, ob die Schülerinnen und Schüler im Biologieunterricht Gelegenheiten zum selbstständigen Arbeiten in Gruppen und somit zum Aushandeln von Begriffsbedeutungen untereinander haben. Items, die den Umgang mit symbolischen Repräsentationen im Biologieunterricht darstellen, sind in der fünften Skala *symbolische Repräsentationen im Biologieunterricht (sym)* zusammengefasst. Es werden sowohl die Interpretation (Item 28, 29) als auch die Konstruktion von Reaktionsgleichungen (Item 27) sowie die Arbeit mit Strukturformeln (Item 26) abgedeckt. Die Items der letzten Skala (Item 30–32) spiegeln die Schülerwahrnehmung der im Biologieunterricht genutzten Anzahl von Fachbegriffen wider (*Anzahl der*

Tab. 3: Mustermatrix der promax-rotierten Hauptachsenanalyse des FIB sowie die Werte für Cronbachs α der einzelnen Skalen und Skalenmittelwerte

Skala	Itemnummer und Itemwortlaut	1	2	3	4	5	6
bildint	(1) Auf den Umgang mit Diagrammen (z. B. Säulen-, Linien-, Kreis-, Fluss- oder Baumdiagramm) im Biologieunterricht geht unser/e Biologielehrer/ in ausdrücklich ein.	0.82					
	(2) Wenn wir im Biologieunterricht mit einem Diagramm (z. B. Säulen-, Linien-, Kreis-, Fluss- oder Baumdiagramm) arbeiten, besprechen wir, wie man das Diagramm „lesen“ soll.	0.79					
	(3) Wir üben im Biologieunterricht das Ablesen von Informationen aus Diagrammen (z. B. Säulen-, Linien-, Kreis-, Fluss- oder Baumdiagramm).	0.79					
	(4) Wenn wir mit Diagrammen im Biologieunterricht arbeiten, besprechen wir diese nicht nur inhaltlich, sondern auch den Aufbau des Diagramms (um was für ein Diagramm handelt es sich, was zeigt das Diagramm, was ist auf welcher Achse aufgetragen, etc.).	0.77					
	(5) Wenn wir im Biologieunterricht mit einer Abbildung (Schemazeichnungen, Skizzen, etc.) arbeiten, dann besprechen wir im Unterricht, wie man die Abbildung „lesen“ soll.	0.70					
	(6) Auf den Umgang mit Abbildungen (Schemazeichnungen, Skizzen, etc.) im Biologieunterricht geht unser/e Biologielehrer/in ausdrücklich ein.	0.60					
	(7) Wenn wir mit Säulen- oder Liniendiagrammen im Biologieunterricht arbeiten, besprechen wir, welche Größe auf die x-Achse bzw. y-Achse kommt.	0.59					
	(8) Wenn wir im Biologieunterricht mit Abbildungen (Schemazeichnungen, Skizzen, etc.) arbeiten, besprechen wir diese nicht nur inhaltlich, sondern auch den Aufbau der Abbildung (was ist dargestellt, wie ist es dargestellt, etc.).	0.54					
bildko	(9) Wir erstellen selbst Abbildungen (Schemazeichnungen, Skizzen, etc.) im Biologieunterricht.		0.79				
	(10) Wir erstellen selbst Diagramme (z. B. Säulen-, Linien-, Kreis-, Fluss- oder Baumdiagramm) im Biologieunterricht.		0.76				
	(11) Wenn in einem Text ein biologischer Prozess beschrieben ist, halten wir diesen in Form einer Abbildung oder eines Diagramms fest.*		0.66				

Fortsetzung nächste Seite ...

Skala	Itemnummer und Itemwortlaut	1	2	3	4	5	6
bildko	(12) Wenn in einem fachlichen Text die Ergebnisse eines Experiments beschrieben sind, fertigen wir ein Diagramm (z. B. Säulen-, Linien-, Kreis-, Fluss- oder Baumdiagramm) an, um diese zu veranschaulichen.*		0.64				
	(13) Wir üben das Erstellen von Diagrammen (z. B. Säulen-, Linien-, Kreis-, Fluss- oder Baumdiagramm) im Biologieunterricht.		0.63				
	(14) Wir üben im Biologieunterricht, wie man biologische Sachverhalte mit Abbildungen (Schemazeichnungen, Skizzen, etc.) darstellt.		0.62				
	(15) Wir ermitteln aus Fachtexten die wichtigen Informationen und setzen diese in eine Abbildung oder ein Diagramm um.*		0.62				
	(16) Abhängigkeiten zwischen zwei Größen veranschaulichen wir durch Diagramme (z. B. Säulen- oder Liniendiagramme).		0.58				
	(17) Wir stellen Ergebnisse von Experimenten in Form von Diagrammen dar.		0.47				
text	(18) Wenn wir im Biologieunterricht mit einem fachlichen Text arbeiten, dann sollen wir im Anschluss Fragen zum Text beantworten.			0.75			
	(19) Wir arbeiten mit fachlichen Texten im Biologieunterricht.			0.70			
	(20) Wir schreiben im Biologieunterricht selbst kurze fachliche Texte zu einem biologischen Thema.			0.68			
	(21) Wenn wir im Biologieunterricht mit einer Abbildung oder einem Diagramm arbeiten, sollen wir einen kurzen Text dazu schreiben.*			0.58			
	(22) Wenn wir im Biologieunterricht mit einem fachlichen Text arbeiten, dann sollen wir die Schlüsselwörter des Textes suchen und diesen zusammenfassen.			0.54			
sozk	(23) Im Biologieunterricht gliedert unser/e Biologielehrer/in Probleme in einzelne Aufgabenstellungen auf, die wir in Gruppen bearbeiten und anschließend zusammenfassen.				0.75		
	(24) Im Biologieunterricht arbeiten wir auch in Gruppen.				0.75		
	(25) Im Biologieunterricht behandeln wir ein komplexes Thema auch über längere Zeit in Projekten.				0.58		
sym	(26) Wir arbeiten mit Strukturformeln von Molekülen im Biologieunterricht.					0.64	

Fortsetzung nächste Seite ...

Skala	Itemnummer und Itemwortlaut	1	2	3	4	5	6
sym	(27) Wir üben das Aufstellen von chemischen Reaktionsgleichungen im Biologieunterricht.					0.61	
	(28) Wenn wir mit Reaktionsgleichungen im Biologieunterricht arbeiten, dann besprechen wir auch die chemischen Prinzipien, die hinter der Reaktionsgleichung stehen.					0.58	
	(29) Auf den Umgang mit Reaktionsgleichungen im Biologieunterricht geht unser/e Biologielehrer/in ausdrücklich ein.					0.53	
begr	(30) In einer Biologiestunde werden zu viele Fachbegriffe verwendet. (umgepolt)						0.84
	(31) Die vielen Fachbegriffe im Biologieunterricht verwirren mich. (umgepolt)						0.58
	(32) Die Anzahl neuer Fachbegriffe pro Biologiestunde ist angemessen.						0.57
	rotierte Eigenwerte	6.35	4.03	1.74	1.59	1.24	1.01
	Aufgeklärte Varianz in %	19.9	12.6	5.4	5.0	3.9	3.2
	Cronbachs α	.88	.87	.81	.77	.69	.68
	M (SD) Skala	14.7 (5.8)	9.7 (5.7)	7.8 (4.0)	2.2 (2.1)	6.9 (2.6)	5.9 (2.1)

bildint = Interpretation von bildlichen Repräsentationen im Biologieunterricht, *bildko* = Konstruktion von bildlichen Repräsentationen im Biologieunterricht, *text* = fachliche Texte im Biologieunterricht, *sozk* = aktive soziale Konstruktion, *sym* = symbolische Repräsentationen im Biologieunterricht, *begr* = Anzahl der Fachbegriffe im Biologieunterricht; Ladungen unter 0.30 werden nicht dargestellt; * kennzeichnet Items, die ursprünglich für den Aspekt des Übersetzens zwischen multiplen externen Repräsentationen entwickelt wurden.

Fachbegriffe im Biologieunterricht, begr). Zwischen den einzelnen Skalen treten z. T. signifikante Korrelationen zwischen .16 und .45 auf (siehe Tab. 4).

5.2 Maße der Interraterreliabilität und -übereinstimmung

In Tab. 5 sind die Maße der IRR und IRA für die einzelnen Skalen dargestellt. Es zeigt sich, dass gemäß der Werte für die ICC(1) zwischen 6% (*begr*) und 78% (*text*) der Varianz in den Schülerwahrnehmungen durch Unterschiede zwischen den Klassen erklärt werden. Entspre-

chend kann für die Skalen *bildko*, *bildint*, *text*, *sozk* und *sym* ein großer Effekt, für die Skala *begr* ein kleiner Effekt der Klassenzugehörigkeit festgestellt werden. Die Werte der ICC(2) liegen für alle Skalen bis auf die Skala *begr* über dem Grenzwert von .70. Bezogen auf die IRA zeigen die Mittelwerte von $r_{WG(j)}$, dass alle Skalen mindestens eine moderate Übereinstimmung aufweisen (>.51). Für die Skalen *bildko*, *bildint*, *text*, *sozk* und *sym* ist eine starke Übereinstimmungen in den Klassen festzustellen (>.71). Für die Skalen *bildint* und *begr* liegt der Mittelwert des $AD_{M(j)}$ über der kritischen Grenze von .67. Die Werte der anderen Skalen liegen

Tab. 4: Korrelation der Skalen ($N=172$, * Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (zweiseitig) signifikant, ** die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (zweiseitig) signifikant)

	bildko	text	sozk	sym	begr
bildint	.30 **	.12	.03	-.03	-.02
bildko	1	.44 **	.45 **	.16 *	.01
text		1	.45 **	.19*	.03
sozk			1	.13	-.05
sym				1	.09

bildint = Interpretation von bildlichen Repräsentationen im Biologieunterricht, bildko = Konstruktion von bildlichen Repräsentationen im Biologieunterricht, text = fachliche Texte im Biologieunterricht, sozk = aktive soziale Konstruktion, sym = symbolische Repräsentationen im Biologieunterricht, begr = Anzahl der Fachbegriffe im Biologieunterricht.

Tab. 5: Maße der IRR [ICC(1) und ICC(2)] sowie die Mittelwerte der IRA-Indices $r_{WG(j)}$ und $AD_{M(j)}$ für die einzelnen Skalen

	ICC(1)	ICC(2)	$M r_{WG(j)}$	$M AD_{M(j)}$
bildint	.26	.89	.77	.73
bildko	.27	.89	.88	.67
text	.78	.99	.82	.62
sozk	.34	.92	.75	.58
sym	.27	.89	.78	.63
begr	.06	.59	.69	.70

bildint = Interpretation von bildlichen Repräsentationen im Biologieunterricht, bildko = Konstruktion von bildlichen Repräsentationen im Biologieunterricht, text = fachliche Texte im Biologieunterricht, sozk = aktive soziale Konstruktion, sym = symbolische Repräsentationen im Biologieunterricht, begr = Anzahl der Fachbegriffe im Biologieunterricht.

relativ nahe bei diesem kritischen Wert, jedoch überschreiten sie ihn nicht.

6 Diskussion

Ziel der Studie war die Entwicklung eines Fragebogens, der die eingangs berichteten Aspekte der naturwissenschaftlichen Fachsprache als fachspezifisches Qualitätsmerkmal des Unterrichts abdeckt und Gütekriterien genügt. Die durch eine Fak-

torenanalyse gewonnenen empirischen Skalen korrespondieren gut mit den aus der Literatur abgeleiteten fünf Aspekten der fachspezifischen Unterrichtsqualität bezüglich der Verwendung der Fachsprache. Es werden sowohl die Interpretation als auch die Konstruktion verbalsprachlicher, bildlicher und symbolischer Repräsentationen abgedeckt. Für die bildlichen Repräsentationen ergeben sich zwei getrennte Skalen, die zum einen die explizite

Thematisierung der Interpretation realistischer und logischer Bilder (Abbildungen bzw. Diagramme) abbilden und zum anderen zeigen, ob die Lernenden bildliche Repräsentationen (Abbildungen und Diagramme) im Unterricht selber konstruieren (vgl. Ainsworth et al., 2011; Hubber, et al., 2010; Waldrip et al., 2010). Für die verbalsprachlichen und symbolischen Repräsentationen tauchen die Interpretation und die Konstruktion jeweils gemeinsam in einer Skala auf. Die Interpretation verbalsprachlicher Repräsentationen (Fachtexte) ist über zwei Lesestrategien (Leisen & Mentges, 2009) abgedeckt. Ebenso sind Items zu finden, die anzeigen, ob die Lernenden entsprechend des *writing-to-learn* Ansatzes (Hand et al., 1999; Yore et al., 2003) selber Texte konstruieren. Ähnliches gilt für den Umgang mit symbolischen Repräsentationen: Das Interpretieren und Aufstellen von Reaktionsgleichung wird ebenso thematisiert, wie die Arbeit mit Strukturformeln. Außerdem wird der gezielte Umgang mit einer reduzierten Anzahl von Fachbegriffen im Sinne einer Begriffsökonomie (Berck & Graf, 1992; Kattmann, 2006) über die Schülerwahrnehmung der Fachbegriffsanzahl im Biologieunterricht abgedeckt. Die empirische Skala zur aktiven sozialen Konstruktion von Wissen fokussiert vor allem auf die Ermöglichung von sozialen Kommunikationsprozessen und damit das Aushandeln von Bedeutungen zwischen Lernenden im Rahmen von Gruppenarbeiten im Unterricht. Soziale Kommunikationsprozesse im Unterricht werden so nur fragmentarisch abgebildet. Allerdings würde eine vollständige Erfas-

sung sozialer Kommunikationsprozesse für die Fragestellung dieser Studie zu weit gehen. Die niedrigen bis mittleren Korrelationen zwischen den einzelnen Skalen weisen daraufhin, dass es sich hierbei um verschiedene, wenn auch teilweise überlappende Dimensionen handelt.

Der im Theorieteil beschriebene Aspekt der expliziten Thematisierung des Unterschiedes zwischen Fach- und Alltagssprache findet sich in den empirischen Skalen allerdings nicht wieder. Items, die zur Erhebung dieses Aspekts entwickelt wurden, mussten aufgrund der Faktorenanalyse ausgeschlossen werden. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass die Lernenden keine deutlich Trennung dieser beiden „Sprachen“ im Biologieunterricht wahrnehmen, da Unterricht nicht in den Extrema Fach- oder Alltagssprache stattfindet, sondern – entsprechend der Annahme eines Kontinuums (siehe 2.1) – in einer Unterrichtssprache, die Elemente aus beiden aufweist (Kattmann, 2006). Außerdem zeigte Rincke (2010), dass sich Lernende beim Erlernen eines naturwissenschaftlichen Sachverhaltes einer *scientific interlanguage* bedienen, und sich daher die dichotomen Kategorien von Fach- und Alltagssprache möglicherweise nicht eignen, um das sprachliche Verhalten im Unterricht zu beschreiben. Auch der Aspekt des Übersetzens zwischen verschiedenen Repräsentationen kann in den Daten nicht nachgewiesen werden. Vier Items, die ursprünglich zur Abdeckung dieses Aspektes entwickelt wurden, gehen in die Skalen *bildko* und *text* ein und zwar derart, dass die Zielrepräsentation des Übersetzungsvorgangs ausschlagge-

bend für die Zuordnung ist (siehe Tab. 3). Die restlichen Items mussten aufgrund der Faktorenanalyse verworfen werden. Es wäre zu prüfen, ob die zwei hier aufgeführten, nicht durch die Schülerwahrnehmung erfassbaren Aspekte der Fachsprache ggf. durch die Nutzung anderer Datenquellen, wie beispielsweise Befragungen der Lehrkraft bzw. durch externe Beobachter zugänglich wären (vgl. Clausen, 2002). Diese beiden Datenquellen werden in der empirischen Unterrichtsforschung ebenfalls oft eingesetzt.

Ausgehend von der Annahme, dass die geteilte Schülerwahrnehmung ein valides Maß für die Beschreibung von Unterrichtsroutinen ist (Clausen, 2002), lässt sich feststellen, dass es mit dem hier vorgestellten Fragebogen gelingt, den Umgang mit den verschiedenen Repräsentationsformen im Biologieunterricht valide und reliabel darzustellen. Die interne Konsistenz der einzelnen Skalen ist zufriedenstellend (Lienert & Raatz, 1994), könnte jedoch durch zusätzliche, neu zu entwickelnde Items verbessert werden, da einzelne Skalen (*sym* und *begr*) mit vier bzw. drei Items als relativ kurz anzusehen sind. Auch die IRR und IRA sind zufriedenstellend. Die hier gefundenen Werte für ICC(1) bzw. ICC(2) und $r_{WG(j)}$ bzw. $AD_{M(j)}$ bewegen sich in einer für solche Fragestellungen üblichen Größenordnung (Lüdtke et al., 2006; Wittwer, 2008). Insgesamt zeigen die Ausprägungen der IRR und IRA, dass mit den eingesetzten Skalen reliabel zwischen den untersuchten Klassen differenziert werden konnte, was eine wichtige Eigenschaft eines Instruments für den Einsatz in Studien zur (fachspezifischen)

Unterrichtsqualität ist. Allerdings müssen auf der bisherigen Datengrundlage Einschränkungen des Anwendungsbereichs des Instruments vorgenommen werden. So wurde das Instrument bisher nur im Kontext einer Unterrichtseinheit zur Fotosynthese in der gymnasialen Oberstufe getestet. Inwiefern eine valide Beurteilung der fachspezifischen Unterrichtsqualität bezüglich des Umgangs mit der naturwissenschaftlichen Fachsprache im Kontext anderer Themen möglich ist, muss Gegenstand weiterführender Studien sein. In zukünftigen Studien sollte das Instrument auch anhand einer größeren Stichprobe im Rahmen von Mehrebenenanalysen untersucht werden. Darüber hinaus sollte die Übereinstimmungsvalidität des Fragebogens anhand einer gemeinsamen Erfassung von Unterrichtsqualität und Schülerfähigkeiten überprüft werden.

Literatur

- Ainsworth, S. E. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*, 183–198.
- Ainsworth, S. E. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education, 33*, 131–152.
- Ainsworth, S. E., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science, 333*(6046), 1096–1097.
- Bartholomé, T. & Bromme, R. (2009). Coherence formation when learning from texts and pictures: What kind of support for whom? *Journal of Educational Psychology, 101*, 282–293.
- Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U. et al. (2009). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente (Materialien aus der Bildungsforschung Nr. 83)*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Berck, K.-H. (2005). *Biologiedidaktik* (Vol. 3). Wiesbaden: Quelle & Meyer.
- Berck, K.-H. & Graf, D. (1992). Begriffsauswahl und Begriffsvermittlung – Überblick über den Forschungsstand für den Biologieunterricht. In H. Entrich & L. Staack (Eds.), *Sprache und Verstehen im Biologieunterricht* (pp. 76–90). Bad Zwischenahn: Leuchtturm-Verlag.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (Vol. 4). Heidelberg: Springer.
- Burke, M. J., Finkelstein, L. M. & Dusig, M. S. (1999). On average deviation indices for estimating interrater agreement. *Organizational Research Methods, 2*, 49–68.
- Cattell, R. (1966). *Handbook of multivariate experimental psychology*. Chicago: Rand McNally.
- Clausen, M. (2002). *Unterrichtsqualität – Eine Frage der Perspektive?* Münster: Waxmann.
- De Jong, R. & Westerhof, K. J. (2001). The quality of student ratings of teacher behavior. *Learning Environments Research, 4*, 51–85.
- diSessa, A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction, 22*(3), 293–331.
- Eco, U. (1994). *Einführung in die Semiotik* (Vol. 8). München: Fink.
- Fischer, H. E. (1998). Scientific Literacy und Physiklernen. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften, 2*, 41–52.
- Fischer, H. E., Borowski, A., Kauertz, A. & Neumann, K. (2010). Fachdidaktische Unterrichtsforschung – Unterrichtsmodelle und die Analyse von Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16*, 59–75.
- Fluck, H.-R. (1996). *Fachsprachen: Einführung und Bibliographie* (Vol. 5). Tübingen: Francke Verlag.
- Fraser, B. J. & Walberg, H. J. (1981). Psychosocial learning environment in science classrooms: A review of research. *Studies in Science Education, 8*, 67–92.
- Greeno, J. G. & Hall, R. (1997). Practicing representations: Learning with and about representational forms. *Phi Delta Kappan, 78*(5), 361–367.
- Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen: Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung*. Münster: Waxmann.
- Hand, B. & Choi, A. (2010). Examining the impact of student use of multiple modal representations in constructing arguments in organic chemistry laboratory classes. *Research in Science Education, 40*(1), 29–44.
- Hand, B., Prain, V., Lawrence, C. & Yore, L. D. (1999). A writing in science framework designed to enhance science literacy. *International Journal of Science Education, 21*(10), 1021–1035.
- Helmke, A. (2008). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Hoffmann, L. (1985). *Kommunikationsmittel Fachsprache – Eine Einführung* (Vol. 2). Tübingen: Gunter Narr.

- Hoffmann, L. (1993). Fachwissen und Fachkommunikation. In T. Bungarten (Ed.), *Fachsprachentheorie* (pp. 595–617), Tostedt: Attikon.
- Hubber, P., Tytler, R. & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 40(1), 5–28.
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39, 31–35.
- Kattmann, U. (2006). Texte. In H. Gropengießer & U. Kattmann (Eds.), *Fachdidaktik Biologie* (Vol. 7, pp. 357–366). Köln, Germany: Aulis Verlag Deubner.
- Keig, P. F. & Rubba, P. A. (1993). Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 8, 889–903.
- Kownatzki, O. (1980). Warum ermitteln manche Schüler falsche Strukturformeln? *Chemie in der Schule*, 12, 515–516.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J. & Tsatsarelis, C. (Eds.). (2001). *Multimodal teaching and learning: Rhetorics of the science classroom*. London, England: Continuum.
- Lachmayer, S. (2008). *Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht*. Elektronische Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Lachmayer, S., Nerdel, C. & Prechtl, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 145–160.
- LeBreton, J. M. & Senter, J. L. (2008). Answers to 20 questions about interrater reliability and interrater agreement. *Organizational Research Methods*, 11(4), 815–852.
- Leisen, J. & Mentges, H. (Eds.) (2009). *Sachtexte lesen im Fachunterricht der Sekundarstufe*. Seelze-Velber: Klett Kallmeyer.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, learning, and value*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Lemke, J. L. (1998). *Teaching all the languages of science: Words, gestures, images, and actions*. Paper presented at the International Conference on Ideas for a Scientific Culture, Barcelona. URL: <http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm> (Stand 18.07.12)
- Lemke, J. L. (2003). Mathematics in the middle: Measure, picture, gesture, sign and word. In M. Anderson, A. Sanenz-Ludlow, S. Zellweger, & V. V. Cifarelli (Eds.), *Educational perspectives on mathematics as semiosis: From thinking to interpreting to knowing* (pp 215–234). Ottawa, Canada: Legas Publishing.
- Lemke, J. L. (2004). The literacies of science. In E. W. Saul (Ed.), *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives on theory and practice* (pp. 33–47). Newark, NJ: International Reading Association.
- Lienert, G. & Raatz, U. (1994). *Testaufbau und Testanalyse* (Vol. 5). Weinheim: Beltz.
- Lüdtke, O., Trautwein, U., Kunter, M. & Baumert, J. (2006). Analyse von Lernumwelten – Ansätze zur Bestimmung der Reliabilität und Übereinstimmung von Schülerwahrnehmung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(1/2), 85–96.
- Merzyn, G. (1996). A comparison of some linguistic variables in fifteen science texts. In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (Eds.), *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes* (pp. 361–369). London: The Falmer Press.
- Mortimer, E. & Scott, P. (2000). Analysing discourse in the science classroom. In R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Eds.), *Improving Science Education* (pp. 127–143). Buckingham: Open University Press.
- Musli, S. (2008). *Die chemische Formelsprache im Spannungsfeld von Schülerleistung und Lehrerwartung*. Münster: Schöningh.
- Neuhaus, B. (2007). Unterrichtsqualität als Forschungsfeld für empirische biologiedidaktische Studien. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (pp. 243–254). Berlin: Springer.

- Norris, S. P. & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(3), 224–240.
- O'Connor, B. P. (2000). SPSS and SAS programs for determining the number of components using parallel analysis and Velicer's MAP test. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 32(3), 396–402.
- Prain, V. & Waldrip, B. G. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843–1866.
- Rinke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 235–260.
- Roelcke, T. (Ed.) (2005). *Fachsprachen* (Vol. 2). Berlin: Erich Schmidt.
- Schmiemann, P. (2012). Fachsprache in biologischen Testaufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 115–136.
- Schnotz, W. (1993). Wissenserwerb mit logischen Bildern. In B. Weidenmann (Ed.), *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen* (pp. 95–147). Bern: Hans Huber.
- Schnotz, W. (2001). Sign systems, technologies, and the acquisition of knowledge. In J.-F. Rouet, J. Levonen & A. Biarreau (Eds.), *Multimedia learning – cognitive and instructional issues* (pp. 9–29). Amsterdam: Elsevier.
- Scott, P. (1998). Teacher talk and meaning making in science classroom: A Vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, 32(1), 45–80.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence from formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 227–237.
- Stäudel, L., Franke-Braun, G. & Parchmann, I. (2008). Sprache, Kommunikation und Wissenserwerb im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 19(106/107), 4–9.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2007). *Using Multivariate Statistics* (Vol. 5). Boston: Pearson.
- Tytler, R., Peterson, S. & Prain, V. (2006). Picturing evaporation: Learning science literacy through a particle representation. *Teaching Science*, 52(1), 12–17.
- Waldrip, B. G., Prain, V. & Carolan, J. (2006). Learning junior secondary science through multi-modal representations. *Electronic Journal of Science Education*, 11(1), 87–107.
- Waldrip, B. G., Prain, V. & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40(1), 65–80.
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Wittwer, J. (2008). What influences the agreement among student ratings of science instruction? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 10*, 205–220.
- Wüsten, S. (2010). *Allgemeine und fachspezifische Merkmale der Unterrichtsqualität im Fach Biologie*. Berlin: Logos.
- Yore, L. D., Bisanz, G. L. & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689–725.
- Yore, L. D. & Hand, B. (2010). Epilogue: Plotting a research agenda for multiple representations, multiple modality, and multimodal representational competency. *Research in Science Education*, 40(1), 93–101.
- Yore, L. D., Pimm, D. & Tuan, H.-L. (2007). The literacy component of mathematical and scientific literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 559–589.
- Yore, L. D. & Treagust, D. F. (2006). Current realities and future possibilities: Language and science literacy – empowering research and informing instruction. *International Journal of Science Education*, 28(2–3), 291–314.

KONTAKT

Sandra Nitz

Humboldt-Universität Berlin

Institut für Biologie

Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie

Invalidenstr. 42

10115 Berlin

sandra.nitz@hu-berlin.de

AUTORENINFORMATION

Sandra Nitz war Doktorandin in der Abteilung Didaktik der Biologie am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) an der Universität Kiel. Dort ist auch die vorliegende Arbeit entstanden. Sie arbeitet nun als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie an der Humboldt-Universität Berlin. Sie forscht u. a. zu Fachsprache als Qualitätsmerkmal des naturwissenschaftlichen Unterrichts und betrachtet insbesondere das Lehren und Lernen mit multiplen Repräsentationen.

Claudia Nerdel ist Professorin für Biologie- und Chemiedidaktik an der Technischen Universität München. Ihre Forschungsinteressen sind Lernen mit multiplen Repräsentationen mit den Schwerpunkten Text-Diagramm-Kombinationen sowie Untersuchungen zur diagnostischen Kompetenz von angehenden Biologielehrkräften im Bereich Fachwissen/Kommunikation.

Helmut Prechtl ist seit Oktober 2011 Professor für Didaktik der Biologie an der Universität Potsdam. Seine Forschungsschwerpunkte sind Lernen mit Multimedia, Fachsprache und Argumentieren im Biologieunterricht sowie professionelle Kompetenzen von Biologielehrkräften.

