

Bibliographischer Hinweis sowie Verlagsrechte bei den online-Versionen der DD-Beiträge:



**Halbjahresschrift für die Didaktik
der deutschen Sprache und
Literatur**

<http://www.didaktik-deutsch.de>
23. Jahrgang 2018 – ISSN 1431-4355
Schneider Verlag Hohengehren
GmbH

*Hansjakob Schneider / Miriam
Dittmar / Eliane Gilg / Claudia
Schmellentin*

**TEXTSEITIGE MASSNAHMEN ZUR
UNTERSTÜTZUNG DES
LESEVERSTEHENS IM
BIOLOGIEUNTERRICHT**

In: Didaktik Deutsch. Jg. 23. H. 45. S. 94-
116.

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. – Fotokopien für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden.

Hansjakob Schneider, Miriam Dittmar,
Eliane Gilg & Claudia Schmellentin

TEXTSEITIGE MASSNAHMEN ZUR UNTERSTÜTZUNG DES LESEVERSTEHENS IM BIOLOGIEUNTERRICHT¹

Zusammenfassung

Die Rolle der Sprache in den Sachfächern wird in der Deutschdidaktik seit einiger Zeit diskutiert. Aus verschiedenen Untersuchungen ist bspw. bekannt, dass das Verstehen von Sachtexten vielen Sekundarschülerinnen und -schülern nicht gut gelingt. Dies liegt auch an der sprachlichen Ausgestaltung solcher Texte, denn die Kombination von Wissenschaftssprache, einem allgemeinen Schriftlichkeitskonzept und den Bedürfnissen der Lernenden ist sehr anspruchsvoll und glückt eher selten in befriedigender Weise.

Der vorliegende Artikel berichtet über das Forschungsprojekt *Textverstehen in naturwissenschaftlichen Schulfächern*, das Biologietexte auf der Sekundarstufe 1 untersucht hat. Aufgrund empirischer Daten zum Verstehen von Lehrbuchtexten wurden Biologietexte überarbeitet und der Wissenszuwachs beim Lesen der originalen bzw. der überarbeiteten Texte verglichen. Es zeigte sich ein hochsignifikanter und mittelstarker Effekt zugunsten des überarbeiteten Textes – allerdings hauptsächlich für die leistungsstärkeren Lernenden. Im Lichte dieser Resultate diskutieren wir die Möglichkeiten und Grenzen der Textoptimierung.

Abstract

The role of language in school subjects has been discussed in language education for some time. Various studies document that many students at secondary school fail to understand texts in these subjects. This is due also to aspects of their written form. Combining features of scientific as well as general written language and taking into consideration the situation of learners as readers of these texts is not an easy task.

In this article we report results from the research project *Comprehending School Science Texts* which has investigated biology texts on secondary school level. Biology texts from school textbooks were adapted on the basis of empirical data of learners' performance when reading these texts. The effects on knowledge acquisition were compared between students reading the original vs. the adapted texts. Results showed significant and medium sized effects for the optimised text condition – however, mainly for rather high-achieving students. In the light of these results prospects and limitations of text optimising are discussed.

¹ Wir danken dem Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung für die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojekts *Textverstehen in naturwissenschaftlichen Schulfächern*.

1. Einleitung

Sprachliche Fähigkeiten sind für das Lernen in allen Unterrichtsfächern zentral. In der Sekundarstufe wird dabei das Lesen von Texten mit ausgeprägt fachlichem Charakter immer wichtiger. Allerdings weisen Befragungen von Lehrpersonen und Schülerinnen bzw. Schülern darauf hin, dass schulische Fachtexte als sprachlich ungenügend verständlich eingeschätzt werden (vgl. Schmitz 2016: 1). Linguistische Analysen von Lehrmitteltexten sowie empirische Untersuchungen des Leseverstehens von Schülerinnen und Schülern zeigen auf, dass die oben genannten subjektiven Einschätzungen durchaus zutreffen (vgl. Schleppegrell 2004, Schmellentin et al. 2017). Dieses Missverhältnis zwischen den Anforderungen der Texte und den Lesekompetenzen der Schülerinnen und Schüler zeigt sich auch, wenn die PISA-Resultate zum Leseverstehen hinzugezogen werden. Die PISA-Untersuchungen belegen, dass im deutschen Sprachraum 14–20 Prozent der Jugendlichen im Lesen die Kompetenzstufe 2 nicht erreichen (vgl. OECD 2014: 399). Die Kompetenzstufe 2 gilt als „das Basisniveau, ab dem die Schülerinnen und Schüler die Lesekompetenz unter Beweis zu stellen beginnen, die es ihnen ermöglichen wird, effektiv und produktiv am Leben teilzuhaben“ (OECD 2014: 209). Dieses Niveau verlangt das Extrahieren von Information(en), das Erkennen der Hauptidee eines Textes oder das Ziehen von wenig anspruchsvollen Schlussfolgerungen (ebd.). Betrachtet man typische naturwissenschaftliche Schulbuchtexte, so stellen diese zweifelsohne höhere Ansprüche an die Lesenden als die für Kompetenzstufe 2 formulierten (vgl. z. B. Schleppegrell 2004). Diese Situation ist mitverantwortlich dafür, dass viele „Lernende mit ohnehin eingeschränkter Sprachkompetenz [...] in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern ein frühes und oftmals endgültiges Scheitern“ erleben (Bolte/Pastille 2010: 27).

Im Folgenden werden wir die Charakteristik von schulischen Fachtexten und deren Funktion für das naturwissenschaftliche Lernen aus theoretischer und empirischer Perspektive beleuchten (Kapitel 2). Danach präsentieren wir unsere empirische Studie zum Textverstehen in Schulbuchtexten der Biologie (Kapitel 3). Schließlich diskutieren wir unsere Befunde in Kapitel 4.

2. Theoretische Betrachtungen

In diesem Abschnitt werden drei wichtige theoretische Bezugsdimensionen für das Lesen in naturwissenschaftlichen Lehrmitteln beleuchtet: Der Gegenstand *naturwissenschaftliche Schulbuchtexte* wird aus linguistischer und aus naturwissenschaftsdidaktischer Sicht situiert und es werden Prozesse des Lesens aus kognitionspsychologischer Perspektive dargestellt.

2.1 Linguistische Hintergründe

Die Rolle der Sprache im Fachunterricht ist im letzten Jahrzehnt von der Deutschdidaktik intensiv untersucht worden (vgl. Becker-Mrotzek et al. 2012, Ahrenholz 2010, Lindauer et al. 2016). Dabei ist auch die Verständlichkeit von Lehrmitteln in den Blick genommen worden. Dass Lehrbuchtexte verstanden werden, ist eine notwendige Bedingung für den Aufbau und besonders für die Festigung des Fachwissens. Lehrbuchtexte verstehen wir als schulische Fachtexte. Dieser Begriff lässt drei Ebenen aufscheinen (vgl. Schmellentin et al. 2017):

(a) Als *schriftliche Texte* unterliegen schulische Fachtexte, wie andere Texte auch, den Geboten der Kohäsion und Kohärenz: Sie müssen entsprechend eine nachvollziehbare Struktur und logische Entfaltung aufweisen, die zumindest teilweise an der Textoberfläche durch Verknüpfungsmittel angezeigt wird. Die Einhaltung der Normen der Textualität erscheint auf den ersten Blick für redaktionell meist aufwendig betreute Publikationen obsolet, Verstöße dagegen sind von der Lehrmittelforschung allerdings als ein nicht selten vorkommendes Problem erkannt worden (vgl. Niehaus et al. 2011: 91 f., Beispiele für Verstöße gegen Textualität finden sich in Schmellentin et al. 2017: 83 ff.).

(b) Schulische Fachtexte dienen dem Aufbau von fachlichem Wissen und sind entsprechend den *fachsprachlichen* bzw. *wissenschaftssprachlichen* Besonderheiten der Disziplin verpflichtet (z. B. Busch/Ralle 2013: 279). Grundsätzlich zielen wissenschaftliche Texte auf Erkenntniszuwachs. Aus diesem Grundsatz leiten Czicza und Hennig (2011) folgende Gebote an die Wissenschaftssprache ab, die hier auszugswise referiert werden:

Ökonomie: Wissenschaftssprache soll sich durch prägnante Kürze auszeichnen, es sollen nur Themen entfaltet werden, die für den Erkenntnisgewinn wichtig sind. Auch innerhalb von Sätzen sollen Formulierungen kondensiert sein (z. B. realisiert in komplexen Nominalphrasen).

Präzision: Wissenschaftliche Texte sollen explizit und eindeutig sein. Präzision wird sprachlich z. B. mittels Attributen realisiert oder in der systematischen Verwendung von Fachtermini und in der Vermeidung von Synonymen dazu.

Origo-Exklusivität: In Wissenschaftssprache wird tendenziell auf deiktische Bezüge verzichtet und damit auf sprachlicher Ebene Allgemeingültigkeit angestrebt. Realisiert wird die Origo-Exklusivität bspw. durch die Vermeidung der 1. und 2. Person oder durch Passivkonstruktionen.

Naturwissenschaftliche Fachtexte weisen überdies einige Merkmale auf, die für andere Texte² nicht gleich typisch sind: Sie sind von den Formen der deskriptiven und explikativen Themenentfaltung geprägt (zum Begriff der Themenentfaltung vgl. Brinker 2005: Kap. 3.4 und 3.5).

² Z. B. narrative Texte (vgl. die Diskussion in Härtig et al. 2015).

Die *deskriptive Themenentfaltung* umfasst in biologischen Fachtexten typischerweise den Aufbau eines hierarchischen Begriffssystems, das von Teil-Ganzes- bzw. Enthaltenseins-Relationen geprägt ist (vgl. Brinker 2005: 67). Auf diese Weise werden begriffliche Unterscheidungen hierarchisch gegliedert (Bronchien sind Teil der Atemwege, Atemwege enthalten Schleimhäute usw.). Die *explikative Themenentfaltung* zeichnet sich durch die Erklärung eines Explanandums (z. B. die Bauchatmung) durch ein Explanans (das Zwerchfell und seine Form im gespannten und entspannten Zustand) aus. In explikativen Texten häufen sich Wörter und Formulierungen, die Kausalität, Konditionalität oder Finalität ausdrücken (weil, wenn, um zu, vgl. auch Brinker 2005: 72).

(c) Quer zu den Ebenen des Textlichen und des Wissenschaftssprachlichen liegt die Ebene des Pädagogischen: Schulische Fachtexte sind *schulisch* geprägt, d. h. sie sind nicht primär dem Erkenntnisgewinn der Disziplin, sondern der *Vermittlung von Erkenntnis* und dem *Lernen* verpflichtet. Die Ebene des Pädagogischen modifiziert die Gebote von (Wissenschafts-)Texten im Hinblick auf Lernende mit textlich und fachlich noch nicht voll ausgebauter Expertise; die Texte sollen besonders für diese Gruppe von Lernenden verständlich sein.

Für die Gestaltung schulischer Fachtexte sind Prinzipien zu identifizieren, die sich aus einer der drei besprochenen Ebenen ergeben. Dabei können sich die Prinzipien der wissenschaftssprachlichen und der schulsprachlichen Ebene gelegentlich widersprechen. Das Gebot der Ökonomie kann bspw. durch das Gebot der Verständlichkeit überlagert werden, die Explizitheit und Ausführlichkeit erfordert.

In schulischen Fachtexten muss also eine Balance zwischen Verständlichkeit sowie Verarbeitbarkeit auf der einen Seite und Wissenschaftlichkeit auf der anderen gefunden werden. Zu starke Orientierung an der Wissenschaftssprache gefährdet das Lernen, zu starke Orientierung an der Lernsituation enthält den Lernenden die Gelegenheit vor, *scientific literacy* (s. u. Abschnitt 2.3) aufzubauen.

2.2 Kognitionspsychologische Aspekte

Textverständnis entsteht aus der Interaktion von Personen und Texten (vgl. Schnotz 1994). Neben den Textkomplexitätsmerkmalen, die einen Einfluss auf das Verstehen haben,³ sind auch Personenmerkmale wie Wortschatz, schlussfolgerndes Denken, Verfügen über Lesestrategien oder Vorwissen entscheidend. Textverstehen wird als ein komplexer Konstruktions- und Integrationsprozess modelliert (vgl. Kintsch 1998). Dieser Prozess ist beim schulischen Lernen mit Texten besonders störungsanfällig, denn gemäß Kintsch (2009) verfügen Lernende der Sekundarstufe I noch nicht über die Vorwissensschemata, das Strategiewissen sowie über die metakognitiven Fähigkeiten, um den komplexen Verstehensprozess eigenständig und zielführend zu steuern. Er fordert daher, dass Lehrpersonen das Textverstehen lese-

³ Groeben (1978) hat in diesem Zusammenhang den Einfluss von sprachlicher Textoberfläche und Textstruktur auf die Verständlichkeit nachgewiesen.

didaktisch steuern, um Lernen aus Texten überhaupt zu ermöglichen. Die Kognitionspsychologie, und hier insbesondere deren Erkenntnisse zum Einfluss von metakognitiven Fähigkeiten auf die Verstehensprozesssteuerung, liefert Hinweise für wirksame lesedidaktische Steuerungsmaßnahmen: Metakognitive Fähigkeiten im Kontext des Textverstehens beziehen sich auf die Kenntnis von Verstehensstrategien und auf die Steuerung ihres Einsatzes (vgl. McKeown/Beck 2009: 10). Als eine der wirksamen Strategien, die im Verbund mit anderen Strategien eingesetzt werden kann, sind Fragen identifiziert worden, die das Ziel haben, den Verstehensprozess zu steuern (vgl. National Reading Panel 2000: 4-45). Das Stellen von Fragen ist einerseits im Unterrichtsgespräch möglich, andererseits haben Fragen auch als Bestandteile von Schulbuchtexten Tradition (zu Fragen in Schulbüchern vgl. z. B. Overman et al. 2013).

Zudem kann der Textverstehensprozess nur ungestört ablaufen, wenn es währenddessen nicht zu einer Überbelastung des Arbeitsgedächtnisses kommt (*Cognitive Load Theory – CLT*, Sweller et al. 1998). Aus dieser Perspektive betrachtet können Fragen dazu dienen, die einem Thema innewohnende Komplexität (*intrinsic cognitive load*, Sweller et al. 1998) so zu strukturieren, dass nicht alle kognitiven Prozesse gleichzeitig das Arbeitsgedächtnis beanspruchen (vgl. der *goal-free effect* bei Sweller et al. 1998). Weiter kann zur Entlastung des Arbeitsgedächtnisses ein komplexer Sachverhalt teilweise redundant dargestellt werden (vgl. der *redundancy effect* bei Sweller et al. 1998). Schließlich kann in multimodalen Texten (z. B. Text-Bild-Konstellationen in Biologietexten) die Information möglichst vollständig in den je beteiligten Modalitäten repräsentiert sein, sodass die Verarbeitung der einen Quelle (einer Abbildung) nicht von der gleichzeitigen Verarbeitung der anderen Quelle (dem Text) abhängig ist (vgl. der *split-attention effect* und der *redundancy effect* bei Sweller et al. 1998).

2.3 Naturwissenschaftsdidaktische Aspekte

Die Ziele des Naturwissenschaftsunterrichts sind heute durch das Konzept der *scientific literacy* geprägt (vgl. Gräber et al. 2002). Bei den Konzeptionen zu *scientific literacy* geht es vor allem um den Aspekt der gesellschaftlichen Partizipation. Dieser impliziert beispielsweise, dass Lernende befähigt werden, mithilfe naturwissenschaftlichen Wissens und Könnens Urteile abzugeben, sich an gesellschaftlichen Diskursen zu beteiligen und sich dabei auch fachbezogener Methoden bedienen zu können (bspw. Beschaffen von Informationen). Darin, dass Sprachkompetenzen einen Teil von *scientific literacy* ausmachen, stimmen viele Konzeptionen dieses Begriffs überein (vgl. die Darstellungen in Gräber et al. 2002). Als Zielvorstellung wird der kritisch reflektierende Mensch bestimmt, der Zielkonflikte erkennen und Vor- und Nachteile von Entscheidungen abwägen kann (vgl. Dubs 2002). In diesem Zielrahmen darf sich die Rolle der Sprachkompetenzen nicht einfach auf fachwortbezogenes Wissen beschränken, sondern die grundlegende Stellung des Sprachlichen, ganz besonders in der Aneignung von naturwissenschaftlichem Wissen in

der Schule, muss mitbedacht werden (vgl. dazu die Darstellungen in den Abschnitten 2.1 und 2.2 oben). Die in den Konzepten von *scientific literacy* angesprochenen fachspezifischen Sprachkompetenzen können dabei nicht einfach vorausgesetzt werden, sondern erfordern einen systematischen Aufbau. In diesem Sinne ist z. B. Biologieunterricht auch Biologie-Sprachunterricht. In Bezug auf die Lesekompetenzen bedeutet dies, dass Texte benötigt werden, die geeignet sind, die Lernenden schrittweise an die Besonderheiten von Fachtexten heranzuführen. Diesem Ziel, Schülerinnen und Schüler an Biologietexte heranzuführen, dient die Studie *Textverstehen in den naturwissenschaftlichen Schulfächern*.

3. Die empirische Studie *Textverstehen in den naturwissenschaftlichen Schulfächern*

3.1 Projektanlage

Schulische Fachtexte haben, wie oben bereits erläutert, eine wissenstransferierende Funktion. Diese kann sich nur entfalten, wenn die Texte von den Lernenden verstanden werden. Allerdings vermitteln schulische Fachtexte oft komplexe fachliche Inhalte, was verständnis erleichternden Maßnahmen Grenzen setzt.

In der Studie *Textverstehen in den naturwissenschaftlichen Schulfächern* geht es u. a. darum, diese Grenzen auszuloten. Die Studie geht der Frage nach, inwieweit sprachlich-textstrukturell aufbereitete Biologielehrmitteltexte tatsächlich zu verbessertem Textverstehen führen. Ziel des Projekts ist es, empirisch fundiertes Wissen darüber zu generieren, wie Biologielehrmitteltexte der Sekundarstufe I an die Verstehensmöglichkeiten von Lernenden angepasst werden können, um diese im Lesen zu unterstützen. Biologietexte stehen im Vordergrund, weil sie in ihrem deskriptiven und explikativen Gehalt typische Vertreter naturwissenschaftlicher Texte sind und dabei einen relativ hohen sprachlichen Anteil haben. Zudem sind sie typischerweise multimodal aufgebaut, was spezifische Verarbeitungsprozesse erfordert (zum Verhältnis von Text und Abbildungen s. Dittmar et al. 2017).

Dem Projekt liegt ein Mixed-Methods-Design zugrunde. Um Textkomplexitätsmerkmale zu eruieren, wurden in einer ersten Phase drei ausgewählte Biologielehrmitteltexte (s. Literaturverzeichnis)⁴ einer linguistischen Analyse in Bezug auf (Fach-)Wortschatz, Syntax, Kohäsionsmittel, globale Kohärenz (z. B. Textprogression) und Text-Bild-Bezüge unterzogen (dazu detaillierter Schmellentin et al. 2017). Um die Texte an die Verstehensmöglichkeiten der Lernenden anzupassen, ist jedoch nicht einzig die linguistisch beschreibbare Textkomplexität maßgebend, sondern auch die Textschwierigkeit, also das, was für *Lesende* an Texten schwierig ist (vgl. Mesmer et al. 2012). Daher wurden die Textschwierigkeiten in einer zweiten Pro-

⁴ Die Texte decken drei wichtige Gebiete der Biologie ab: Humanbiologie, Ökologie und Botanik. Sie unterscheiden sich im Anteil von Struktur- bzw. Prozessbeschreibung und bilden die Vielfalt von schulfachsprachlichen Typiken in Biologie ab.

jektphase mittels Leseprozessbeobachtung erhoben: Dabei wurden 24 durchschnittliche und schwächere Lesende aus der 7. Jahrgangsstufe bei der Bearbeitung eines der drei analysierten Texte beobachtet ($n = 8$ pro Text). Mittels der Leseprozessbeobachtungen wurden Texteneigenschaften identifiziert, die für diese Schüler und Schülerinnen besondere Verstehensschwierigkeiten darstellen. Zur Erhebung der Textschwierigkeiten wurde eine Kombination von qualitativen Erhebungsmethoden eingesetzt. Verstehensschwierigkeiten, die sich vorwiegend auf die lexikalische Begriffsebene bezogen, wurden mit einer modifizierten Form des *Lauten Denkens* (vgl. Stark 2010) ermittelt (für eine ausführliche Darstellung s. Schmellentin et al. 2017: 79). Um auch hierarchiehöhere Verstehensschwierigkeiten sichtbar zu machen, wurde mit einer nachgeschalteten Sequenz des gezielten Nachfragens eine ergänzende, invasivere Methode gewählt. Beide Sequenzen wurden videografiert. Die Videos wurden transkribiert und inhaltsanalytisch kodiert. Die in der Prozessanalyse ermittelten Verstehensschwierigkeiten konnten verschiedenen Kategorien zugewiesen werden: Verstehensschwierigkeiten mit Abbildungen, Wortverstehensschwierigkeiten, Satzverstehensschwierigkeiten und Schwierigkeiten mit der Textstruktur (vgl. die in Groeben 1978 ermittelten Wirkfaktoren *sprachliche Oberfläche* und *Textstruktur*).⁵ Die Befunde aus den Leseprozessbeobachtungen bildeten die Grundlage für die Formulierung von 34 Textgestaltungsprinzipien, die bei der Überarbeitung eines der drei Texte zur Anwendung kamen. Im vorliegenden Beitrag fehlt der Platz für deren Erläuterung. Die Herleitung und theoretische Einbettung der Prinzipien ist in Schneider et al. (im Druck) detailliert dargestellt. An dieser Stelle sollen zwei Prinzipien als Beispiele genügen:

- Bild-Konstanz: gleiche Elemente in verschiedenen Bildern möglichst gleich darstellen
- Begriffskonstanz: Begriffe im Text durch Rekurrenz wiederaufnehmen und nicht durch Synonyme ersetzen

Die Wirksamkeit der Textanpassung wurde schließlich anhand einer Interventionsstudie ($n = 240$) überprüft. Dieser Teil der Studie wird im Folgenden detaillierter dargestellt.

3.2 Wirksamkeitsstudie zur Textanpassung: Design und Methoden

Das Ziel der Interventionsstudie war es zu überprüfen, ob und welche Wissenskonzepte mit dem überarbeiteten Text besser verstanden werden als mit dem originalen Lehrmitteltext. Ausgewählt wurde ein Text zum Thema *Atmung* (Beuck et al. 2003). In diesem Schulbuchtext standen folgende Themen im Vordergrund:

- der Weg der Luft beim Atmen (und damit die Struktur und Lage der Atmungsorgane)

⁵ Eine detaillierte Darstellung der Erhebungs- und Auswertungsmethode dieser 2. Phase sowie der Ergebnisse findet sich in Schmellentin et al. 2017.

- die Schleimhaut und ihre Funktionen (Wärmen und Befeuchten der Atemluft, Reinigung)
- Atembewegungen (Bauch- und Brustatmung)

Zudem enthält der Originaltext Abbildungen (vgl. Dittmar et al. 2017) und Fragen zum Text, die sich einerseits auf die Textoberfläche richten, andererseits aber auch weit über das im Text Präsenzierte hinausgehen. Der Text ist wenig narrativ und enthält die typischen Merkmale eines Fachtextes der Biologie (hierarchisches System von Fachwörtern, Abbildungen mit Text-Bild-Bezügen, verdichtete sprachliche Strukturen). Die zahlreichen und verschiedenartigen beobachteten Verstehensschwierigkeiten machten eine vollständige Umarbeitung des Originaltextes notwendig, sodass ein neuer Text mit neuen Abbildungen resultierte (ausführlich in Schmellentin et al. 2017: 88). Auch die Fragen unterschieden sich von den Fragen im Originaltext. Sie fokussierten im überarbeiteten Text ausschließlich das im Originaltext von Schülerinnen und Schülern schlecht verstandene Konzept der Schleimhäute und bezogen sich zudem hauptsächlich auf Informationen auf der Textoberfläche, weil es uns wichtig schien, die Textbasis (Kintsch 1998) sicherzustellen, bevor weiterreichende kognitive Prozesse angeregt wurden (dies auch im Sinne der Cognitive Load Theory).

Die Interventionsgruppe bearbeitete dabei den überarbeiteten Biologietext, die Kontrollgruppe den Originaltext. Durch einen dem Leseprozess vorgeschalteten Vorwissenstest wurde geklärt, auf welches Vorwissen die Versuchspersonen zugreifen konnten. Mit dem identischen Test (Nachwissenstest) wurde der Wissenszuwachs nach dem Lesen ermittelt.

Die Wirksamkeitsstudie wurde in der siebten Jahrgangsstufe der Sekundarschule in den Kantonen Aargau und Zürich sowohl in Klassen der Niveaustufe *Sek A* (erweiterte Ansprüche: leistungsstärkere Lernende) als auch in Klassen der Niveaustufe *Sek B* (Grundansprüche: leistungsschwächere Lernende) durchgeführt.⁶

Stichprobe

Insgesamt nahmen 16 siebte Klassen (sechs Klassen der Sek A und zehn Klassen der Sek B) mit insgesamt 240 Versuchspersonen (111 Sek A und 129 Sek B, Durchschnittsalter 14;0 Jahre, SD = 7 Monate; 117 Mädchen, 123 Jungen) an der Erhebung teil. Aus verschiedenen Gründen mussten davon 27 Versuchspersonen ausgeschlossen werden. Die Versuchspersonen nahmen freiwillig (mit Einverständnis der Erziehungsberechtigten) an der Untersuchung im Rahmen des Regelunterrichts teil.

⁶ Da die Fachlichkeit auf der Sekundarstufe deutlich stärker ausgeprägt ist als auf der Primarstufe, wählten wir die Stichprobe auf der Sekundarstufe. Gleichzeitig interessierte der Einstieg in die Fachsprache, deshalb wurde die 7. (und nicht bspw. die 9.) Jahrgangsstufe einbezogen. Der Einbezug des Niveaus der Grundansprüche leitet sich von der Annahme ab, dass Schülerinnen und Schüler dieses Niveaus ausgeprägt von Fachtexten herausgefordert sind und dass sie von Textanpassungen besonders deutlich profitieren können (diese Annahme hat sich allerdings durch unsere Studie nicht bestätigt, vgl. Abschnitt 3.3.).

Vortests und Gruppeneinteilung

Alle Versuchspersonen nahmen zu einem ersten Messzeitpunkt an Vortests teil, in denen wichtige Kontextvariablen erhoben wurden: das Vorwissen zum im Lehrbuchtext behandelten Thema, die nichtsprachliche Intelligenz, hierarchiehohe und hierarchieniedrige Kompetenzen des Lesens (die neben dem inhaltlichen Vorwissen und allgemeinen Verarbeitungsfähigkeiten das Textverstehen maßgebend beeinflussen), das Geschlecht, der sozioökonomische Status (über den Beruf der Eltern), der Migrationshintergrund (über die Aufenthaltsdauer in der Schweiz und die Familiensprachen) sowie die Schulnoten in den Fächern *Deutsch* und *Biologie* (zum Einfluss der nonverbalen Intelligenz, des sozioökonomischen Status und des Geschlechts auf das Leseverstehen vgl. z. B. Deutsches PISA-Konsortium 2001). Zur Ermittlung der Lesefähigkeiten wurden in den Klassen die standardisierten Lesetests LGVT 6–12 (mit den Teilen Lesegeschwindigkeit und Textverstehen, Schneider et al. 2007) und SLS 5–8 (Auer et al. 2005) eingesetzt, zur Ermittlung der allgemeinen nichtsprachlichen Intelligenz ein Teil des CFT 20 (Weiß 1998).⁷ Das Vorwissen wurde mittels eines eigens für die Studie entwickelten Wissenstests festgestellt (siehe Abschnitt Wissenstest). Die Kontextvariablen hatten hauptsächlich die Funktion, in jeder Schulklasse möglichst vergleichbare Gruppen (Kontroll- und Interventionsgruppe) zu bilden. Die Gruppeneinteilung erfolgte über drei Kriterien: Das thematische Vorwissen (Werte aus dem Vorwissenstest, 1. Kriterium), die basale Lesefertigkeit (Werte aus dem SLS; 2. Kriterium) und die nichtsprachliche Intelligenz (CFT; 3. Kriterium) waren entscheidend für die Teilung der Stichprobe. Für jedes Kriterium wurde bei jeder Schulklasse der Median ermittelt und die Schülerinnen und Schüler entsprechend eingeteilt als über, unter oder auf dem Median liegend. Dann wurden Versuchspersonenpaare gebildet, die sich in den drei Kriterien in Bezug auf ihre Position zum Median gleichen. Diese Fallpaar-Partner wurden dann zufällig je einer der beiden Gruppen zugeteilt.

Wissenstest

Vor- und Nachwissenstest waren identisch und enthielten nur Frageitems ($n = 35$), die sich auf die in beiden Lehrmitteltexten vermittelten Wissenskonzepte bezogen. Sie waren mehrheitlich im Format *ja/nein* zum Ankreuzen (25 Items, von denen 15 mit *ja* und 10 mit *nein* zu beantworten waren).⁸ Zusätzlich wurde noch eine Abbildung des Brustkorbes eingesetzt, die mit vorgegebenen Begriffen beschriftet werden musste (sechs Items) und ein Diagramm, in welches der Weg der Atemluft eingetragen werden sollte (vier Items).

⁷ Damit keine offensichtliche Konfundierung mit den Lesefähigkeiten auftritt, fiel die Wahl auf den weitgehend sprachfreien CFT-Test, der die fluide Intelligenz und damit die Problemlösefähigkeit unabhängig von gespeichertem Wissen misst.

⁸ Ja-nein-Antworten können kaum ein vertieftes Wissen über komplexe Gegenstände zutage fördern. Im vorliegenden Fall war das Ziel, ein Basiswissen über solche Konzepte abzufragen.

Ablauf der Erhebungen

Jede Schulklasse wurde im Abstand von 4–6 Wochen zweimal besucht. Beim ersten Erhebungszeitpunkt (t0) wurden der Vorwissenstest, die Lesetests (SLS und LGVT) und der Intelligenztest (CFT) durchgeführt, zudem beantworteten die Lernenden schriftlich Fragen zu soziodemografischen Themen.

Beim zweiten Erhebungszeitpunkt (t1) lasen die Versuchspersonen einen der beiden Texte (Original oder Überarbeitung) und beantworteten danach die Wissensfragen.

Kodierung und Auswertung

Insgesamt wurden den Schülern und Schülerinnen im Vor- und Nachwissenstest jeweils dieselben 35 Frageitems vorgelegt (Beispiele zu Frageitems finden sich unten in Tabelle 2). Von diesen mussten insgesamt sechs aufgrund von Deckeneffekten im Vorwissenstest oder ungenügender Trennschärfe ausgeschlossen werden. Es flossen also insgesamt die Daten von 29 Frageitems zu zwei Messzeitpunkten in die Auswertung ein.

Die einzelnen Items wurden zu einem Summenscore addiert und zusätzlich in fünf thematische Dimensionen zusammengefasst: *Schleimhaut und ihre Funktionen* (zehn Items), *Atemwege* (fünf Items), *Struktur des Brustraumes* (fünf Items), *Lage und Funktion der Knorpelspannen* (sechs Items) und *Atembewegungen* (drei Items). Die Auswahl der Konzepte ist durch den Lehrmitteltext vorgegeben und biologiedidaktisch motiviert, wodurch die Inhaltsvalidität grundsätzlich gewährleistet sein sollte. Allerdings ist dabei Folgendes zu bedenken: Erhoben wurde in unseren Tests das Wissen, wie es aus dem Text aufgebaut werden kann. Personenparameter werden deshalb von den Aufgabenparametern der Textseite überlagert: Wenn bspw. ein Konzept wie *Schleimhaut* im Text suboptimal dargestellt wird, so mögen die Frageitems dazu wenig konsistent beantwortet werden. Die leicht unbefriedigende Reliabilität der gesamten Aufgabenskala (Cronbachs Alpha = 0.659) ist wohl auch auf dieses Phänomen zurückzuführen.

Die meisten Items konnten dichotom mit *ja* oder *nein* beantwortet werden, es besteht also für jedes Item eine Ratewahrscheinlichkeit von 50%. Daher wurden die Items zu beiden Zeitpunkten gegen den Zufall getestet (Binominaltest). Während die Vorwissenwerte etwa zur Hälfte innerhalb des Zufallsniveaus verteilt sind, unterscheiden sich diese Werte beim Nachwissenstest fast in allen Fällen statistisch signifikant von der 50%-Ratewahrscheinlichkeit (und liegen in den meisten Fällen über dieser).

Als abhängige Variable galt der Wissenszuwachs zwischen den beiden Messzeitpunkten. Der Wissenszuwachs wurde mit den standardisierten Residuen der Regression von t1 auf t0 bestimmt. Dabei wird über die Gesamtstichprobe gesehen der Mittelwert als 0 und die Standardabweichung als 1 gesetzt. Die Wirksamkeit der Maßnahmen wurde mit Mittelwertvergleichen (T-Tests für unabhängige Stichproben) zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe überprüft.

3.3 Ergebnisse

Vergleich von Kontroll- und Interventionsgruppe über das Gesamttextverstehen

Die Unterstichproben *Originaltext* und *überarbeiteter Text* unterscheiden sich bezüglich des Wissenszuwachses: Ein T-Test für unabhängige Stichproben zeigt einen bedeutsamen Gruppenunterschied zwischen den beiden Bedingungen. Der Wissenszuwachs der Interventionsgruppe *überarbeiteter Text* ist größer ($n = 108$; $M = 0.19$; $SD = 1.08$) als der Wissenszuwachs der Gruppe *Originaltext* ($n = 105$; $M = -0.19$; $SD = 0.88$). Dieser Unterschied ist sehr signifikant, aber von eher schwachem Effekt ($t[211] = -2.813$; $p = 0.005$; $d = 0.38$, siehe Abb. 1).

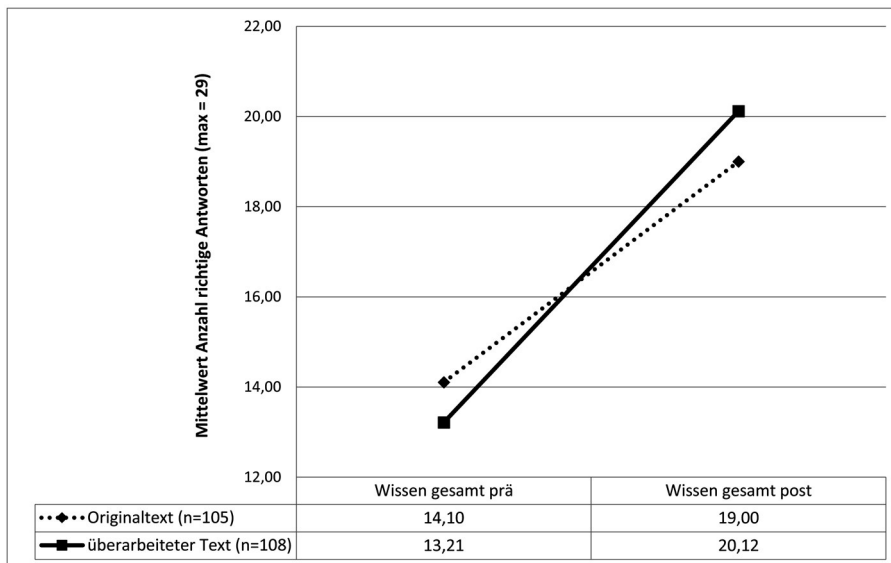


Abb. 1 Wissenszuwachs gesamt⁹

Um festzustellen, welche weiteren Variablen einen Einfluss auf den Wissenszuwachs haben, wurde eine Mehrweg-Varianzanalyse mit den festen Faktoren *Textversion* (original oder überarbeitet) und *Sekundarniveau* (A oder B) durchgeführt. Dabei zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen dem Schulniveau und der Textversion bezüglich des Wissenszuwachses. Die beiden Schulniveaus profitieren also nicht gleichermaßen vom überarbeiteten Text.

Um diesen Zusammenhang genauer zu untersuchen, wurden für die beiden Niveaus getrennt T-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt. Während in der Sek B kein signifikanter Unterschied im Wissenszuwachs zwischen dem Originaltext und

⁹ Die Vorwissenswerte wurden mit dem Mann-Whitney U Test auf Unterschiede geprüft: Weder im Summenscore noch in den einzelnen thematischen Dimensionen unterscheiden sich die Vorwissenswerte zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe signifikant.

dem überarbeiteten Text feststellbar ist, zeigt sich bei der Sek A ein sehr signifikanter und gut mittelstarker Effekt ($t[96] = -3.223$; $p = 0.002$; $d = 0.62$). Der Gesamteffekt wird also von der Sek A verursacht (siehe Abb. 2).

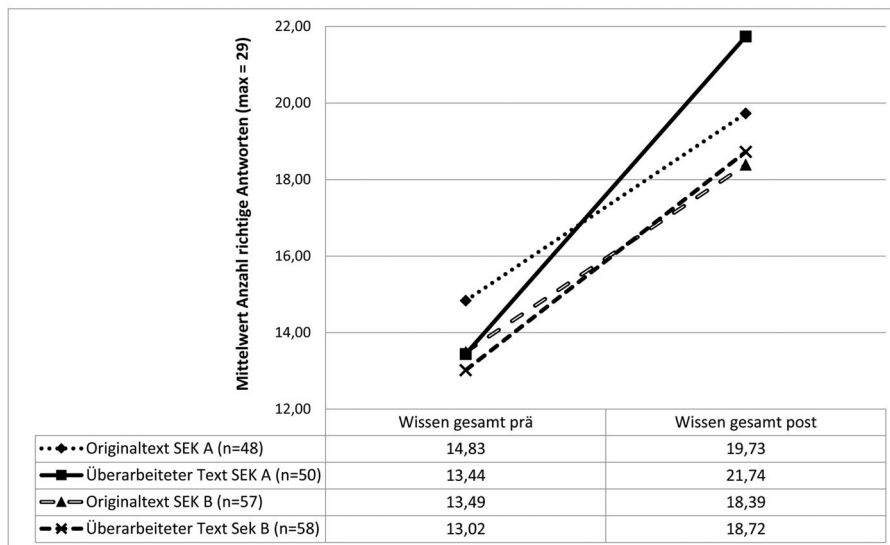


Abb. 2 Wissenszuwachs nach Schulniveau

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der überarbeitete Biologietext für die Schülerinnen und Schüler verständlicher ist, von den Textanpassungen jedoch vor allem die stärkeren Lernenden profitieren. Textseitige Maßnahmen unterstützen den Wissensaufbau zwar, reichen aber für die schwächeren Lernenden nicht aus. Diese benötigen weitere sprach- und fachdidaktische Maßnahmen. Dies könnten z. B. gezielte Fragen an den Text sein, die das basale Leseverstehen unterstützen (vgl. oben, Abschnitt 2.2). Im Folgenden vergleichen wir die Kontroll- und Interventionsgruppe beider Schulniveaus in Bezug auf den Wissenszuwachs bei der thematischen Dimension *Schleimhaut und ihre Funktionen*, zu welcher Lehrmittelfragen vorlagen, die die Schülerinnen und Schüler vor der Bearbeitung des Nachwissenstests schriftlich beantworten mussten.

Verstehen des Konzepts *Schleimhaut und ihre Funktionen*

Die abhängige Variable für das Konzept *Schleimhaut* ist der Wissenszuwachs zwischen den beiden Messzeitpunkten. Sie enthält die Frageitems zu der thematischen Dimension *Schleimhaut und ihre Funktionen*.

T-Tests für unabhängige Stichproben ergaben, dass der Wissenszuwachs der Interventionsgruppe *überarbeiteter Text* bezüglich des Konzepts *Schleimhaut größer ist als der Wissenszuwachs der Kontrollgruppe Originaltext*. Dies gilt sowohl für die Sek A als auch für die Sek B (siehe Tab. 1 und Abb. 3).

Tab. 1: Mittelwertvergleich mittels T-Test zum Konzept *Schleimhäute* getrennt für Sek A und Sek B; n = Anzahl Probanden, M = Mittelwert (standardisiert), SD = Standardabweichung (standardisiert), t = T-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, d = standardisierter Mittelwertunterschied (Cohens d als Maß für die Effektstärke)

	Originaltext			Überarbeiteter Text			Mittelwertvergleich		
	n	M	SD	n	M	SD	t	p	d
Sek A	48	-0.43	0.89	50	0.42	0.92	-4.66	<0.001	0.85
Sek B	57	-0.33	1.11	58	0.32	0.74	-3.69	<0.001	0.65

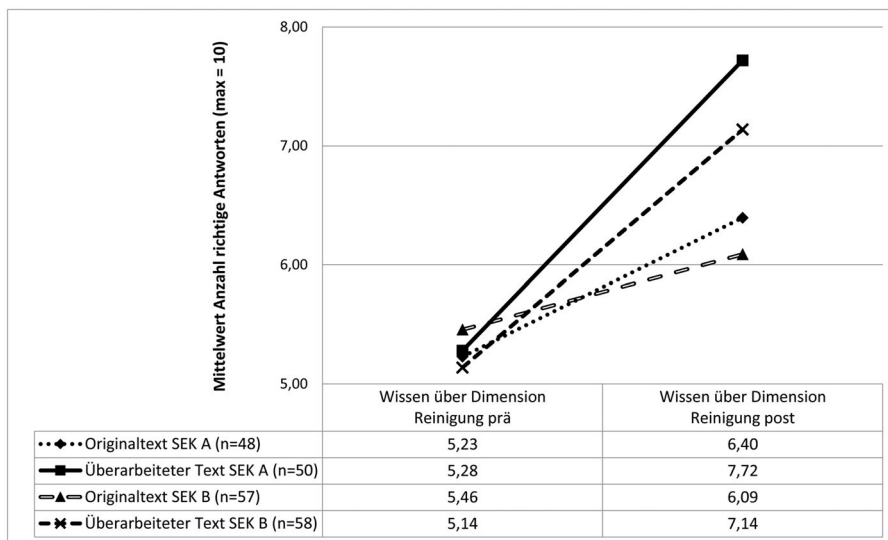


Abb. 3 Wissenszuwachs beim Konzept *Schleimhaut und ihre Funktionen*

Das Wissenskonzept *Schleimhaut und ihre Funktionen* wird beim überarbeiteten Text auch mehrheitlich von den Schülerinnen und Schülern der Sek B verstanden. Das kann zum einen daran liegen, dass sie dazu verstehensunterstützende Lehrmittelfragen bearbeiteten, zum anderen können aber auch textstrukturelle Merkmale des überarbeiteten Textes für den Wissenszuwachs verantwortlich sein. Um die Wirksamkeit der einzelnen Textanpassungsmaßnahmen genauer zu verstehen, werden im Folgenden qualitativ ausgerichtete Analysen einzelner Frageitems sowie der zugehörigen Textstellen im Originaltext und im überarbeiteten Text vorgenommen. Diese Analysen sind exemplarisch auf einige Textanpassungsmaßnahmen ausgerichtet.

Überprüfung der Textgestaltungsprinzipien anhand von Einzelbeispielen

Die Wirksamkeit ausgewählter Textgestaltungsprinzipien wird im Folgenden genauer analysiert. Dabei stehen die Prinzipien *Begriffskonstanz* (keine Verwendung von Synonymen zu Fachwörtern) und *Fragen an den Text* im Vordergrund.¹⁰ Abbildung 4 zeigt die für das Thema *Schleimhaut und ihre Funktionen* einschlägigen Textpassagen.

Um auf Ebene der Einzelitems Aussagen darüber treffen zu können, ob den Schülerinnen und Schülern ein signifikanter Wissenszuwachs nach der jeweiligen Textlektüre geglückt ist, wurden Vorwissens- und Nachwissenswerte auf signifikante Unterschiede überprüft. Da die Einzelitems dichotom sind (*richtig/falsch*), wurden die Unterschiede mithilfe von nichtparametrischen Tests für abhängige Stichproben (Wilcoxon) analysiert. Tabelle 2 zeigt die untersuchten Einzelitems sowie deren Ergebnisse und Interpretation in Bezug auf einen allfälligen Wissenszuwachs je nach Textversion und Schulniveau.

¹⁰ Die Auswahl dieser beiden Prinzipien für den vorliegenden Text wurde vor dem Hintergrund der schulischen Fachtexte als teilweise wissenschaftssprachlich und teilweise pädagogisch beeinflusste Texte vorgenommen: *Begriffskonstanz* ist ein für wissenschaftliche Texte hochrelevanter Faktor (vgl. das Gebot der Präzision in Abschnitt 2.1). *Fragen an den Text* andererseits stehen für ein typisch pädagogisches Verfahren, das in Lehrbüchern häufig eingesetzt wird.

Originaltext	Überarbeiteter Text
Titel Doppelseite / Abb. des Oberkörpers	Titel und 29 Zeilen mit hier nicht abgedrucktem Text
<p>5 Beim Atmen strömt die Luft durch die beiden Nasenlöcher in ein verzweigtes System von <i>Nasenumscheln</i> und <i>Nebenhöhlen</i>, die in unseren hohlen Oberkiefer- und Stirnknochen liegen. Die Wände dieser Höhlen sind mit einer feuchten <i>Schleimhaut</i> ausgekleidet. In der Schleimhaut der Nasenumscheln liegen die <i>Riechzellen</i>. Die Schleimhaut wärmt die Einatemluft auf</p> <p>10 Körpertemperatur vor und befeuchtet sie. Außerdem bleiben an ihrem wässrigen Schleim Staub, Bakterien und Viren haften. Größere Verunreinigungen werden von Haaren im Nasenraum abgefangen.</p>	<p>30 Reinigung der Luft in den Atemwegen</p> <p>Die Luft wird auf dem Weg von der Nase zur Lunge gereinigt. Die erste Reinigung findet in der Nase statt. Hier fangen die Nasenhaare grössere Verunreinigungen ab. Kleinere Verunreinigungen wie Staub, Viren oder Bakterien werden mithilfe</p> <p>35 von Schleimhäuten aufgehalten. Alle Atemwege von der Nase bis zu den Bronchien haben Schleimhäute. Diese sind feucht und klebrig. Die kleinen Verunreinigungen bleiben auf den Schleimhäuten kleben. Die Schleimhäute haben winzige Härchen. Diese Härchen nennt man Flimmerhärchen. Die</p> <p>40 Flimmerhärchen bewegen sich ständig und transportieren so die Verunreinigungen, Bakterien und Viren zum Kehlkopf (4). Dort werden sie hinuntergeschluckt und gelangen in den Magen. Im Magen werden die Bakterien und Viren von der Magensäure abgetötet.</p> <p>45 Die Schleimhäute in der Nase fangen Verunreinigungen ab und wärmen und befeuchten die Luft. Es ist deshalb ratsam, durch die Nase zu atmen und nicht durch den Mund. Wenn man durch die Nase atmet, kommt gereinigte und gewärmte Luft in die Lunge.</p>
9 Zeilen zu anderen Themen / Spaltenwechsel	
<p>25 Die Bronchien verzweigen sich in der Lunge in immer kleinere Atemkanälchen. Alle diese Atemwege sind mit einer Schleimhaut mit <i>Flimmerhärchen</i> ausgekleidet. Wie auf einem Fließband werden winzige Verunreinigungen und Krankheitserreger, die im Nasen- und Rachenraum noch nicht ausgefiltert wurden, von den</p>	
Themat. nicht relevante Abbildung (Lungenflügel)	
<p>30 Flimmerhärchen zum Kehlkopf transportiert, wo sie hinuntergeschluckt werden. Im Magen tötet die Magensäure alle Krankheitserreger ab.</p>	
Lehrmittelfragen am Textende	Lehrmittelfragen am Textende
<p>77 1 Beschreibe den Weg der Atemluft.</p> <p>2 Begründe den Ratschlag, durch die Nase statt durch den Mund einzuatmen.</p> <p>3 Sitzende Arbeitshaltung kann dazu führen, dass Teile der Lunge nicht ausreichend belüftet werden. Begründe, warum man im Sitzen nur flach atmet.</p> <p>4 Zeige die Atemorgane am Torso und benenne sie.</p>	<p>111 Fragen</p> <p>Lies noch einmal den Absatz ‚Reinigung der Luft in den Atemwegen‘ und bearbeite die folgenden Fragen auf dem Blatt.</p> <p>115 1. Notiere alle richtigen Antworten.</p> <p>a) Die Schleimhäute sind feucht und klebrig.</p> <p>b) Die Schleimhäute transportieren die Luft.</p> <p>c) Die Schleimhäute reinigen die Luft.</p> <p>d) Die Schleimhäute kühlen die Luft.</p> <p>120 2. Was wird von den Schleimhäuten aufgehalten?</p> <p>Zähle drei Dinge auf.</p> <p>3. Wo gibt es in den Atemwegen Schleimhäute?</p> <p>Zähle drei Stellen auf.</p> <p>125 4. Fasse in 2–3 Sätzen zusammen, welche Funktion die Schleimhäute bei der Atmung haben.</p>

Abb. 4 Passagen zum Thema *Schleimhaut und ihre Funktionen* beim Original- (Beuck et al. 2003) und beim überarbeiteten Text (Hervorhebungen in den Originalen); Stellen mit Abbildungen oder Auslassungen sind grau hinterlegt.

Tab. 2: Wissenszuwachs bei exemplarischen Frageitems zur thematischen Dimension *Schleimhaut und ihre Funktionen*; VW = Vorwissenstest, NW = Nachwissenstest, O-Text = Originaltext, Ü-Text = Überarbeiteter Text; kursiv gesetzte Z-Werte zeigen eine signifikante Wissensveränderung an.

	VW: % richt. Antw.	NW: % richt. Antw.	Wilcoxon	Wissens- zuwachs
Item A	„Die Schleimhaut in den Atemwegen wärmt die Atemluft.“ Ja/Nein?			
Sek B O-Text	63 %	79 %	$z = -1.88, p = 0.061$	(JA)
Sek B Ü-Text	52 %	84 %	$z = -3.67, p < 0.001$	JA
Sek A O-Text	44 %	81 %	$z = -3.53, p < 0.001$	JA
Sek A Ü-Text	48 %	70 %	$z = -2.40, p = 0.016$	JA
Item B	„Wenn du jetzt einatmest, erreicht die Atemluft die Schleimhaut in deinen Atemwegen. Diese Schleimhaut ist kühler als die Atemluft.“ Ja/Nein?			
Sek B O-Text	45 %	53 %	$z = -0.82, p = 0.414$	NEIN
Sek B Ü-Text	44 %	60 %	$z = -1.96, p = 0.050$	(JA)
Sek A O-Text	60 %	63 %	$z = -0.26, p = 0.796$	NEIN
Sek A Ü-Text	42 %	71 %	$z = -2.86, p = 0.004$	JA
Item C	„In den Bronchien gibt es Schleimhaut.“ Ja/Nein?			
Sek B O-Text	56 %	46 %	$z = -1.23, p = 0.221$	NEIN
Sek B Ü-Text	49 %	69 %	$z = -2.40, p = 0.016$	JA
Sek A O-Text	55 %	31 %	$z = -2.20, p = 0.028$	NEIN
Sek A Ü-Text	58 %	78 %	$z = -2.04, p = 0.041$	JA

Die Items wurden aus theoretischer Sicht in drei Schwierigkeitsstufen eingeteilt (vgl. Artelt et al. 2001: 82f.): Stufe I umfasst Frageitems, für deren Beantwortung sich der Wortlaut auf der Textoberfläche wiederfindet; Stufe II umfasst Frageitems, bei denen die erfragte Information aus dem Text über Inferenzen erschlossen werden muss; bei Frageitems der Stufe III muss textseitige Information mit außertextlichem Wissen verknüpft werden.

Frageitems A und B im Originaltext

Frageitems A und B handeln von der Funktion der Schleimhaut, die Atemluft zu wärmen. Diese Information erhält man im *Originaltext* aus der Textstelle: „Die Schleimhaut wärmt die Einatemluft auf Körpertemperatur vor und befeuchtet sie“ (Z. 10–11, vgl. Abb. 4). Die Antwort zu Item A findet man somit explizit im Text wieder (Schwierigkeitsstufe I). Schülerinnen und Schüler beider Schulstufen beantworten dieses Item nach der Lektüre des Originaltextes mehrheitlich richtig (vgl. Tab. 2).

Frageitem A und B im überarbeiteten Text

Jugendliche, die den *überarbeiteten Text* gelesen haben, finden die nötige Information zur Beantwortung von Frageitem A nicht ganz so explizit im Text wieder (Abb. 4, Z. 45–46): „Die Schleimhäute in der Nase fangen Verunreinigungen ab und wärmen und befeuchten die Luft.“ Sie müssen erst eine Generalisierung von den Schleimhäuten in der Nase auf die gesamte Schleimhaut vornehmen (Schwierigkeitsstufe II). Trotzdem gelingt dies sowohl Schülerinnen und Schülern der Sek B als auch der Sek A (vgl. Tab. 2), vielleicht auch aufgrund der unterstützenden Funktion der Lehrmittelfrage 1d im überarbeiteten Text (Abb. 4, Z. 119).

Frageitem B bezieht sich auf dieselben Textstellen, ist aber auf Stufe III anzusetzen. Zum einen lässt sich der Wortlaut der Frage so nicht im Text wiederfinden, da es sich um ein Falsch-Item handelt, zum anderen muss eine Verknüpfung mit dem außertextlichen physikalischen Wissen geschehen, dass die relativ wärmere Schleimhaut ihre Wärme auf die kühlere Atemluft überträgt. Trotzdem gelingt ein diesbezüglicher Wissenszuwachs Schülerinnen und Schülern beider Schulstufen nach der Lektüre des überarbeiteten, nicht aber des Originaltextes. Auch hier kann man annehmen, dass die Lehrmittelfrage des überarbeiteten Textes die Verarbeitung der Textinformation soweit unterstützt hat, dass eine mehrheitlich korrekte Beantwortung des Items gelingt.

Frageitem C im Originaltext

Frageitem C handelt von der Lokalisation der Schleimhaut in den Bronchien. Diese Information erhält man im *Originaltext* vor allem aus den Sätzen: „Die Bronchien verzweigen sich in der Lunge in immer kleinere Atemkanälchen. Alle diese Atemwege sind mit einer Schleimhaut mit *Flimmerhärchen* ausgekleidet“ (vgl. Abb. 4, Z. 24–27). Hier ist eine Inferenz zwischen den Fachbegriffen *Bronchien*, *Atemkanälchen* und *Atemwege* notwendig (Schwierigkeitsstufe II). Dies gelingt weder den Schülerinnen und Schülern der Sek B noch der Sek A nach der Textlektüre ausreichend, um die Frage mehrheitlich richtig zu beantworten. Die Schülerinnen und Schüler der Sek A verschlechtern sich sogar signifikant gegenüber ihren Vorwissenwerten (vgl. Tab. 2), da sie – eventuell aufgrund der Verwendung von Pseudosynonymen bei Fachwörtern – durch die Fachwortvielfalt verwirrt werden.

Frageitem C im überarbeiteten Text

Im *überarbeiteten Text* wurde dagegen auf Begriffskonstanz gerade bei Fachbegriffen geachtet und auf Synonyme verzichtet. Der Sachverhalt zur Lokalisation der Schleimhaut wird explizit formuliert: „Alle Atemwege von der Nase bis zu den Bronchien haben Schleimhäute“ (vgl. Abb. 4, Z. 35–36). Sowohl Schülerinnen und Schülern der Sek B als auch der Sek A gelingt der diesbezügliche Wissenszuwachs nach der Textlektüre (vgl. Tab. 2). Die konstante Verwendung der wichtigen Fachbegriffe scheint das Verstehen des Textes zu unterstützen.

Die qualitative Betrachtung dieser Beispiele legt die Wirksamkeit verschiedener Textgestaltungsprinzipien nahe: Der mögliche Einfluss von *Fragen an den Text* wurde am Beispiel der Items A und B demonstriert. Die *Konstanz* der verwendeten Fachwörter könnte für das erfolgreiche Beantworten von Item C verantwortlich sein.

Allerdings sind bei genauer Betrachtung meist mehrere Gestaltungsprinzipien beteiligt, bei Item C neben der Begriffskonstanz bspw. auch noch die sprachliche Explizitheit im Aufbau von komplexen Konzepten. Daher ist es unter den gegebenen Untersuchungsbedingungen (Verstehen eines Gesamttextes wird getestet) nicht deutlich zu unterscheiden, welche Prinzipien an einer Textstelle tatsächlich zur Textverständlichkeit beitragen. Dazu wären weitere Studien notwendig, die unter kontrollierten Bedingungen die Anwendung nur jeweils eines Überarbeitungsprinzips gegenüber einem Originaltext in seiner Wirksamkeit überprüfen würden.

4. Diskussion

Die sprachliche Optimierung von Lehrmitteln in der Biologie ist eine anspruchsvolle Aufgabe, die ein Wissen über die Möglichkeiten des Textverstehens der Lernenden erfordert. Dieser Aspekt des Pädagogischen muss in die Optimierung einfließen und die Merkmale des Allgemein-Textlichen (Kohärenz und Kohäsion) sowie des Wissenschaftssprachlichen modifizieren, ohne dass ein anspruchsloser Text entsteht. Dieser Versuch wurde in der hier präsentierten Forschungsstudie auf empirischer Basis unternommen.

Ein solchermaßen überarbeiteter Text wurde in einer Interventionsstudie mit dem ursprünglichen Lehrbuchtext hinsichtlich des Erwerbs von Sachwissen verglichen. Dabei zeigt sich folgendes Bild: Der Originaltext bietet leistungsstarken Schülerinnen und Schülern (Sek A) an vielen Stellen durch seine suboptimale Realisierung wenig Hilfen für das Verstehen. Solche Jugendlichen können von den optimierten Textstrukturen des überarbeiteten Texts deutlich profitieren. Die Lernenden der Sek B hingegen profitieren gleichermaßen (wenig) vom originalen wie vom überarbeiteten Text. Dieses Resultat muss in zweierlei Hinsicht nachdenklich stimmen: Einerseits ist unerwünscht, dass die leistungsstärkeren Jugendlichen zum Thema *Atmung* vom Originaltext nicht optimal profitieren können. Zum anderen ist der Wissenszuwachs bei den leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern bei beiden Textversionen bescheiden. Dies mag mit der Praxis vieler Lehrpersonen zu tun haben, die Lehrbuchtexte in ihren Klassen nicht einzusetzen, weil sie überzeugt sind, dass die Lernenden auf dem Sekundarniveau B große Mühe haben, solche Texte zu verstehen (vgl. z. B. für Physik: Merzlyn 1994, für Chemie: Beerenwinkel/Gräsel 2005). Aus dieser Dynamik ergibt sich ein Teufelskreis von Vermeidung und ausbleibendem Aufbau von fachspezifischer Literalität.

Immerhin zeichnet sich in den präsentierten Daten auch ein Hinweis auf einen möglichen Ausweg aus dieser Abwärtsspirale ab: Auf die Etablierung eines basalen Textverständnisses gerichtete Fragen scheinen auch in der Sek B hochsignifikant und mittelstark bis stark auf den Wissenszuwachs zu wirken.

Ebenso scheint das Prinzip des einheitlichen Fachwortgebrauchs das Verstehen von schulischen Fachtexten zu unterstützen. Dieses Ergebnis muss allerdings als vorläufig gelten, denn in der vorliegenden Studie wurden bei der Textüberarbeitung gleichzeitig die verschiedensten Textgestaltungsprinzipien eingesetzt. Im Rahmen der Studie kann die Wirkung einzelner Prinzipien zwar plausibel dargestellt werden, eine statistische Bestimmung der Wirksamkeit von einzelnen Prinzipien ist jedoch nicht möglich. Dafür wäre ein experimentelles Forschungsdesign notwendig, in dem der Einsatz von Prinzipien einzeln variiert würde. Eine weitere Einschränkung der Studie betrifft die Operationalisierung des aufgebauten Wissens mit Ja/Nein-Fragen. Diese ergeben ein eher oberflächliches Bild des Wissens, das zweifelsohne mit anderen Fragearten vertiefter hätte ermittelt werden können. Im Rahmen der statistischen Auswertungen auf der Ebene des Gesamtsummenscores scheint uns dieses Problem aber nicht gravierend zu sein.

Im Folgenden diskutieren wir die wichtigsten Resultate unter den in Abschnitt 2 erörterten Perspektiven der Linguistik (2.1), der Kognitionspsychologie (2.2) und der Naturwissenschaftsdidaktik (2.3) und zeigen Verbindungen zwischen diesen Perspektiven auf.

Die Überarbeitungsprinzipien sind aus *kognitionspsychologischer* Sicht im Einklang mit Befunden zu metakognitiven Strategien (McKeown/Beck 2009) und zur *Cognitive Load Theory* (Sweller et al. 1998). Die Formulierung von Fragen, die auf basales Textverstehen zielen, können als metakognitive Hinweise an Lesende verstanden werden, die Aufmerksamkeit auf einen spezifischen Aspekt des Textes zu richten. Die Portionierung der Aufmerksamkeit durch gezielte Fragen führt so zu einem angemessenen („germane“) *cognitive load*. Diese Form der Reduktion des *cognitive load* scheint auch die leistungsschwächeren Schülerinnen und Schüler (Sek B) zu unterstützen, dies legen die präsentierten statistischen Auswertungen, aber auch die qualitativen Betrachtungen zu den Frageitems A und B nahe.

Aus *linguistischer* Sicht scheint auch das Textgestaltungsprinzip, wonach Fachbegriffe explizit eingeführt und konstant verwendet werden, wirksam für das Textverstehen zu sein (vgl. Czicza/Hennig 2011). Gegen dieses Prinzip – und damit gegen die Norm von deklarativen Texten – wird im Originaltext verstoßen. Möglicherweise sind stilistische Überlegungen dafür verantwortlich, dass bspw. die Begriffe *Atemwege*, *Atemkanälchen* und *Bronchien* pseudosynonym verwendet werden. Insofern wären hier Stilnormen („*variatio delectat*“) dysfunktional auf Wissenschaftstexte angewendet worden, was als Überlagerung des Fachlichen durch das Schulische gedeutet werden kann. Vor dem Hintergrund der *Cognitive Load Theory* könnte dies als das Herbeiführen von *split attention* interpretiert werden: Die Lesenden werden unnötigerweise mit verschiedenen Begriffen konfrontiert und müssen

erhebliche Arbeitsgedächtniskapazität aufwenden, um diese Begriffe gleichzeitig zu verarbeiten. Dadurch werden sie beim Aufbau eines hierarchisch geordneten Begriffssystems gehindert.

Solche Phänomene sind auch aus *naturwissenschaftsdidaktischer* Perspektive unerwünscht: Die Resultate der Studie und die bisherige Diskussion haben gezeigt, dass bestehende Lehrmittel in Teilen ungeeignet sind, das Lernen zu unterstützen, weil sie gegen die Normen der Wissenschaftssprache verstoßen. Diese Verstöße behindern nicht nur die Verarbeitbarkeit von Texten (z. B. im Sinne des *extraneous cognitive load*, Sweller et al. 1998), sie stören auch generell den Aufbau von *scientific literacy* (vgl. Gräber et al. 2002), indem sie Lernende mit ungeeigneten Exemplaren von wissenschaftlichen Texten konfrontieren.

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass Lehrbuchtexte in Biologie spezifische Schwächen aufweisen, die im Prinzip behoben werden könnten. Allerdings – und dies ist eine gewichtige Einschränkung – können Lehrbücher nicht nach Belieben sprachdidaktisch überarbeitet werden. Realistischerweise muss also ein Umgang mit den bestehenden Lehrbüchern gefunden werden, der die Lernenden beim Verstehen solcher Texte unterstützt. An dieser Stelle soll deshalb auf die Möglichkeit, Fragen an Texte zu stellen, eingegangen werden.

Fragen an Texte sollen fachdidaktisch als wichtig erachtete Konzepte fokussieren und die in Anlehnung an Kintschs Konstruktions- und Integrationsmodell (vgl. Kintsch 1998) sprachdidaktisch ausgearbeitete Unterscheidung von drei Fragetypen berücksichtigen: Fragen zum Nachschauen (vgl. oben: Stufe I), Fragen zum Verstehen (Stufe II) und Fragen zum Nachdenken (Stufe III) (vgl. Lindauer et al. 2013). Während Fragen zum Verstehen und Nachdenken in naturwissenschaftlichen Lehrbuchtexten nicht unüblich sind, fehlen oft Fragen zum Nachschauen. Es sind genau solche Fragen, welche die Aufmerksamkeit der Lernenden auf die wichtigen Textstellen und Konzepte lenken können und die – auch für schwächere Schüler und Schülerinnen – das basale Verständnis sichern, ohne das der Wissensaufbau kaum gelingen kann. Die Fähigkeit, solche Fragen selbst zu formulieren, ist für Fachlehrpersonen zentral und müsste in der Lehrpersonenaus- und -weiterbildung gefördert werden. Dadurch könnten Lehrpersonen schwächere Lesende beim Wissenserwerb unterstützen. Um dieses verstehensdidaktische Wissen in den Fachunterricht implementieren zu können, ist ein interdisziplinärer Diskurs notwendig (vgl. Lindauer et al. 2016), der auf empirische Erkenntnisse zurückgreifen muss. Die vorliegende Arbeit versteht sich als ein Beitrag zur empirischen Fundierung dieses Diskurses.

Literatur

Ahrenholz, Bernt (2010): Bildungssprache im Sachunterricht der Grundschule. In: Ahrenholz, Bernt (Hg.): Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache. Tübingen: Narr. S. 15–35.

- Artelt, Cordula/Stanat, Petra/Schneider, Wolfgang/Schiefele, Ulrich (2001): Lesekompetenz: Testkonzeption und Ergebnisse. In: Deutsches PISA-Konsortium (Hg.): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich. S. 69–137.
- Auer, Michaela/Gruber, Gabriele/Mayringer, Heinz/Wimmer, Heinz (2005): SLS 5–8. Salzburger Lese-Screening für die Klassenstufen 5–8. Manual. Bern: Verlag Hans Huber.
- Becker-Mrotzek, Michael/Schramm, Karen/Thürmann, Eike/Vollmer, Helmut Johannes (Hg.) (2012): Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster u. a.: Waxmann.
- Beerenwinkel, Anne/Gräsel, Cornelia (2005): Texte im Chemieunterricht: Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. Jg. 11. S. 21–39.
- Bolte, Claus/Pastille, Reinhard (2010): Naturwissenschaften zur Sprache bringen. Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierenden naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: Fenkart, Gabriele/Lembens, Anja/Erlacher-Zeitlinger, Edith (Hg.): Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften. Innsbruck u. a.: Studienverlag (= ide-extra 16). S. 26–46.
- Brinker, Klaus (2005): Linguistische Textanalyse. 6., überarb. u. erw. Aufl. Berlin: Erich Schmidt.
- Busch, Hannah/Ralle, Bernd (2013): Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht. In: Becker-Mrotzek, Michael/Schramm, Karen/Thürmann, Eike/Vollmer, Helmut Johannes (Hg.): Sprache im Fach – Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster u. a.: Waxmann. S. 277–294.
- Czicza, Daniel/Hennig, Mathilde (2011): Zur Pragmatik und Grammatik der Wissenschaftskommunikation. Ein Modellierungsvorschlag. In: Fachsprache. H. 1–2. S. 36–60.
- Deutsches PISA-Konsortium (Hg.) (2001): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.
- Dittmar, Miriam/Schmellentin, Claudia/Gilg, Eliane/Schneider, Hansjakob (2017): Kohärenzaufbau aus Text-Bild-Gefügen: Konzepterwerb mit schulischen Fachtexten. In: leseforum.ch. Nr. 1. S. 1–19.
- Dubs, Rolf (2002): Scientific Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik. In: Gräber, Wolfgang/Nentwig, Peter/Koballa, Thomas/Evans, Robert (Hg.): Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen: Leske + Budrich. S. 69–82.
- Gräber, Wolfgang/Nentwig, Peter/Koballa, Thomas/Evans, Robert (Hg.) (2002): Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen: Leske + Budrich.
- Groeben, Norbert (1978): Die Verständlichkeit von Unterrichtstexten: Dimensionen und Kriterien rezeptiver Lernstadien. 2., überarb. u. erw. Aufl. Münster: Aschendorff.
- Härtig, Hendrik/Bernholt, Sascha/Prechtel, Helmut/Retelsdorf, Jan (2015): Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. Jg. 21. Nr. 1. S. 55–67.
- Kintsch, Walter (1998): Comprehension: a paradigm for cognition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kintsch, Walter (2009): Learning and constructivism. In: Tobias, Sigmund/Duffy, Thomas M. (Hg.): Constructivist Instruction: Success or failure? New York: Routledge. S. 223–241.
- Lindauer, Thomas/Schmellentin, Claudia/Beerenwinkel, Anne (2016): Sprachbewusster Naturwissenschaftsunterricht. Werkstattbericht zu einem transdisziplinären Entwicklungsprojekt. In: Winkler, Iris/Schmidt, Friederike (Hg.): Interdisziplinäre Forschung in der Deutschdidaktik. „Fremde Schwestern“ im Dialog. Frankfurt a. M.: Lang. S. 226–246.
- Lindauer, Thomas/Schmellentin, Claudia/Beerenwinkel, Anne/Hefti, Claudia/Furger, Julienne (2013): Sprachbewusst unterrichten. Eine Unterrichtshilfe für den Fachunterricht. Aarau: Bildungsraum Nordwestschweiz.

- McKeown, Margaret G./Beck, Isabel L. (2009): The role of metacognition in understanding and supporting reading comprehension. In: Hacker, Douglas J./Dunlosky, John/Graesser, Arthur C. (Hg.): *Handbook of Metacognition in Education*. New York und London: Routledge. S. 7–25.
- Merzyn, Gottfried (1994): *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht: Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaft an der Universität Kiel.
- Mesmer, Heidi Anne/Cunningham, James W./Hiebert, Elfrieda H. (2012): Toward a theoretical model of text complexity for the early grades: Learning from the past, anticipating the future. In: *Reading Research Quarterly*. Vol. 47. No. 3. pp. 235–258.
- National Reading Panel (Hg.) (2000): *Report of the National Reading Panel. Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction*. Washington DC: U. S. Government Printing Office.
- Niehaus, Inga/Stoletzki, Almut/Fuchs, Eckhardt/Ahlrichs, Johanna (2011): *Wissenschaftliche Recherche und Analyse zur Gestaltung, Verwendung und Wirkung von Lehrmitteln (Metaanalyse und Empfehlungen)*. Im Auftrag der Bildungsdirektion des Kantons Zürich. https://www.ph-freiburg.de/fileadmin/dateien/mitarbeiter/hagemannfr/Zuerichstudie_Endfassung_2011_11_29.pdf. Abgerufen am 23.12.2016.
- OECD (2014): *PISA 2012 Ergebnisse: Was Schülerinnen und Schüler wissen und können. Schülerleistungen in Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften*. Bd. I. Überarb. Ausg. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Overman, Michelle/Vermunt, Jan D./Meijer, Paulien C./Bulte, Astrid M. W./Brekelmans, Mieke (2013): Textbook questions in context-based and traditional chemistry curricula analysed from a content perspective and a learning activities perspective. In: *International Journal of Science Education* 35/17. S. 2954–2978.
- Schleppegrell, Mary J. (2004): *The language of schooling. A Functional Linguistic perspective*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schmellentin, Claudia/Dittmar, Miriam/Gilg, Eliane/Schneider, Hansjakob (2017): *Sprachliche Anforderungen in Biologielehrmitteln*. In: Ahrenholz, Bernt/Hövelbrinks, Britta/Schmellentin, Claudia (Hg.): *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen*. Tübingen: Narr. S. 73–92.
- Schmitz, Anke (2016): *Verständlichkeit von Sachtexten. Wirkung der globalen Textkohäsion auf das Textverständnis von Schülern*. [<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:1111-2015120811>; abgerufen am 24.11.2017].
- Schneider, Hansjakob/Gilg, Eliane/Dittmar, Miriam/Schmellentin, Claudia (im Druck): *Prinzipien der Verständlichkeit in Schulbüchern der Biologie auf der Sekundarstufe 1*. In: Ahrenholz, Bernt (Hg.): *Sprache im Fach*. Berlin: De Gruyter.
- Schneider, Wolfgang/Schlagmüller, Matthias/Ennemoser, Marco (2007): *Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassenstufen 6–12*. Göttingen: Hogrefe.
- Schnotz, Wolfgang (1994): *Aufbau von Wissensstrukturen: Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten*. Weinheim: Beltz.
- Stark, Tobias (2010): *Lauter Denken in der Leseprozessforschung. Kritischer Bericht über eine Erhebungsmethode*. In: *Didaktik Deutsch* H. 29. S. 58–83.
- Sweller, John/van Merriënboer, Jeroen J.G./Paas, Fred G.W.C. (1998): *Cognitive architecture and instructional design*. In: *Educational Psychology Review* 10/3. S. 251–296.
- Weiß, Rudolf H. (1998): *Grundintelligenztest Skala 2: CFT 20*. Göttingen: Hogrefe.

Im Forschungsprojekt verwendete Lehrbücher

- Aegerter, Klaus (2012): Urknall 7: Physik, Chemie, Biologie. Zug: Klett und Balmer.
- Beuck, Hans-Günther/Dobers, Joachim/Rabisch, Günter/Zeeb, Annely (Hg.) (2003): Erlebnis Biologie: ein Lehr- und Arbeitsbuch. 2. [Schülerbd.]. Hannover: Schroedel.
- Wildermuth, Hansruedi (2010): Biologie. Schülerbuch, 5. überarb. Auflage. Zürich: Lehrmittelverlag des Kantons Zürich.

Anschrift der Verfasser/innen

Prof. Dr. Hansjakob Schneider, Pädagogische Hochschule Zürich, Lagerstraße 5, CH-8090 Zürich
hansjakob.schneider@phzh.ch

Dr. Miriam Dittmar, Eliane Gilg MA, Prof. Dr. Claudia Schmellentin, Pädagogische Hochschule FHNW, Bahnhofstraße 6, CH-5210 Windisch
miriam.dittmar@fhnw.ch
eliane.gilg@fhnw.ch
claudia.schmellentin@fhnw.ch