

Miriam Dittmar

## **Biologielehrmitteltexte sinnvoll lesen und verstehen**

### **Eine Untersuchung zu Text-Bild-Integrationsprozessen bei Siebtklässler\*innen**

#### **1 | Einleitung**

Sprache und Lernen hängen sehr eng zusammen. Fehlen die sprachlichen Kompetenzen, so wirkt sich das auch immer auf das fachliche Lernen aus. Diese Erkenntnis gilt für alle Fächer, und nicht nur für den Deutschunterricht (Baumert & Schümer 2001; Bolte & Pastille 2010). Der große Einfluss sprachlicher Kompetenz von Schüler\*innen auch außerhalb des Deutschunterrichts macht sich beim fachlichen Lernen mit Texten bemerkbar. Denn das Lesen von schulischen Fachtexten gewinnt im Verlauf der schulischen Sozialisation immer mehr an Bedeutung (Rincke 2010), so dass die Lesekompetenz als überfachliche Kompetenz eine immer wichtigere Rolle spielt. Doch das fachliche Lernen mit diesen Texten kann nur gelingen, wenn der Text auch von den Lesenden verstanden wird, also die Passung zwischen Lesenden und Text gegeben ist (Leisen 2013).

Gerade in den naturwissenschaftlichen Fächern zeigt sich aber immer wieder, dass ein Großteil der im Unterricht eingesetzten Lehrmitteltexte von den Schüler\*innen nicht ausreichend gut verstanden wird, dass auch von einem fachlichen Lernen ausgegangen werden könnte (für Physik: Merzlyn 1994; Starauschek 2003; für Biologie: Dittmar et al. 2017; Schmellentin et al. 2017). Das liegt zum einen an der sprachlichen Komplexität der Lernmaterialien, die als stark bildungssprachliche Texte grundsätzlich hohe, mitunter auch zu hohe Ansprüche an die Lernenden stellen (Schleppegrell 2008; von Borries 2012; für eine ausführliche Diskussion zu den Merkmalen schulischer Fachtexte siehe auch Schneider et al. 2019). Zum anderen müssen Schüler\*innen beim Lesen von naturwissenschaftlichen Lehrmitteltexten in der Lage sein, mit ungewohnten Textformaten und verschiedenen Textsorten umzugehen. Denn der Text enthält nicht nur den verbalen Fließtext, sondern auch Bilder und Diagramme sowie die in den Lehrmitteln typischen Paratexte wie Anleitungen, Fragen und Aufgaben (Lindauer & Schneider 2007). Für ein verstehendes Lesen müssen diese verschiedenen Textteile miteinander in Bezug gesetzt werden, was aber oft nicht gelingt, da die Bezüge zwischen diesen Textteilen nicht explizit im Text dargestellt sind. Dittmar et al. (2017) diskutieren diese Komplexitätsmerkmale auf der Textstrukturebene bei Biologielehrmitteltexten im Detail: So sind zum Beispiel die Text-Bild- und Bild-Bild-Bezüge im Text häufig nicht sichtbar gemacht (z.B. durch

Abbildungsverweise). Zudem stehen Abbildungen weit entfernt von den dazugehörigen Textstellen oder sie unterbrechen Textabschnitte und müssen daher übersprungen werden. Aber auch der Fließtext selbst ist meist nicht in einer gewohnten Form dargestellt, sondern in einer Spaltengliederung wiedergegeben, so dass die Lesewege auch durch den Fließtext nicht immer eindeutig ersichtlich sind. Ein lineares Lesen durch den Lehrmitteltext führt bei diesen diskontinuierlichen Texten nicht zum Erfolg.

Damit Verstehen gelingen kann, braucht es eine gute Passung der Lehrbuchtexte an die literalen Kompetenzen der Lernenden, denn Textschwierigkeit und Textverstehen werden sowohl von text- als auch von personenbezogenen Merkmalen beeinflusst (Mesmer, Cunningham & Hiebert 2012). Um diese Passung zu erreichen, macht es Sinn, sowohl den Text als auch die Lernenden im Blick zu halten und Maßnahmen für beide Seiten zu entwickeln sowie deren Wirkung zu überprüfen (Leisen 2013; Schmellentin et al. 2017). Die Wirkung textseitiger Maßnahmen wurde im Forschungsprojekt „Textverstehen in den naturwissenschaftlichen Schulfächern“ (Dittmar et al. 2017; Schmellentin et al. 2017; Schneider et al. 2018; Schneider et al. 2019) genauer untersucht. Ein grundsätzliches Resultat dieser Forschung ist, dass bei Lernenden in der Sekundarschule auf Niveaustufe Sek-A (erweiterte Ansprüche: leistungsstärkere Lernende) die textseitigen Maßnahmen in Form von Textanpassungen mit einem signifikant höheren Wissenszuwachs nach der Textlektüre einhergehen, als wenn diese Textanpassungen nicht vorgenommen wurden. Gleichzeitig zeigt sich aber, dass die Textanpassungen besonders bei den Lernenden auf der Niveaustufe Sek-B (Grundansprüche: leistungsschwächere Lernende) alleine nicht ausreichen. Einen signifikant höheren Wissenszuwachs beim angepassten Text konnten letztere nur dann erzielen, wenn Textanpassungen mit didaktischen Maßnahmen verknüpft wurden und das Verstehen mit gezielten Fragen an den Text angeleitet und diskursiv unterstützt wurde (Schneider et al. 2018).

Schüler\*innen müssen also in ihrem Leseprozess unterstützt werden. Um zu erkennen, wie dieser am effektivsten zu unterstützen ist, macht es Sinn, die kognitiven Prozesse, die beim Lesen ablaufen, zu betrachten. Nicht ganz einig ist man sich dabei, ob sich das Textverstehen additiv hierarchisch aufbaut (Kintsch & van Dijk 1978; Schnotz 1994; van Dijk & Kintsch 1983), oder eine mentale Kohärenzbildung auf mehreren mentalen Repräsentationsebenen parallel stattfindet (Kintsch 1988, 1998). Es wird aber angenommen, dass unterschiedliche Textverstehensebenen am Kohärenzaufbau beteiligt sind: Zunächst einmal wird die Textoberfläche dekodiert und eine Textoberflächenrepräsentation gebildet. Aus dem Gelesenen werden dann semantische Propositionen erschlossen. Diese bilden die Textbasis. Die Bedeutungen von Sätzen und Textteilen werden als mentale Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis mit vorhandenem Wissen verknüpft, um schließlich als Situationsmodell im Langzeitgedächtnis abgespeichert zu werden. Damit solche mentalen Repräsentationen der Textinhalte überhaupt aufgebaut werden können, müssen Beziehungen zwischen Sätzen und Textteilen hergestellt werden, d.h. lokale und globale Kohärenz muss aufgebaut werden (Kintsch 1998; Rickheit & Schade 2000). Hierbei hilft textseitig eine nachvollziehbare inhaltliche Strukturierung (van Dijk & Kintsch 1983).

Trotzdem bleiben textseitig Verbindungen zwischen Textabschnitten immer auch implizit, da nicht alle Verknüpfungen explizit dargestellt werden (können). Wissensgeleitete Inferenzen bilden und logisches Schlussfolgern sind daher beim Leseprozess notwendig (Christmann 2010;

Kintsch & van Dijk 1978). Um auf Basis eines Textes solch ein Situationsmodell konstruieren zu können, sind beim Lesenden zwei Ebenen von Lesekompetenzen wichtig, die aufeinander aufbauen. Wenn die hierarchieniedrigen Lesefertigkeiten wie das Wortverstehen oder auch das Gewinnen lokaler Informationen nicht gelingen, können auch die hierarchiehöheren Textverstehensprozesse wie das Gewichten und Verknüpfen von Informationen nicht funktionieren (Lenhard 2013).

Bei schulischen Fachtexten kommt oft erschwerend hinzu, dass neben den textlichen Verknüpfungen auch noch Verknüpfungen mit Abbildungen gemacht werden müssen, damit ein globaler Kohärenzaufbau gelingen kann. Textabschnitte müssen also nicht nur miteinander, sondern auch mit den passenden Bildern inhaltlich verknüpft werden, vor allem dann, wenn sehr komplexe Wissenskonzepte aus dem Text heraus aufgebaut werden sollen. Diese wichtigen Text-Bild-Bezüge sind dabei sowohl auf der Ebene der basalen Lesekompetenz zu verorten, wenn auf der Textoberfläche erkannt werden muss, welches Bild zu welcher Textstelle gehört, als auch in den hierarchiehohen Prozessen, wenn für den globalen Kohärenzaufbau Verknüpfungen von Informationen aus Text und zugehöriger Abbildung notwendig werden.

Der Vorgang des globalen Kohärenzaufbaus aus Text-Bild-Gefügen fordert das Arbeitsgedächtnis stark, weil die sprachlichen und die visuell-bildhaften Informationen in zwei unterschiedlichen Kanälen verarbeitet werden, aber für die Bildung des Situationsmodells wieder zusammengeführt werden müssen (Mayer 2009; Paivio 1986; Schnotz & Bannert 2003). Schnotz und Bannert (2003) sprechen hier von *deskriptionalen* und *depiktionalen* Repräsentationszweigen („descriptive and depictive representations“, ebd.: 143). Damit also schließlich der globale Kohärenzaufbau gelingen kann, müssen die kognitiv anspruchsvollen Teilprozesse *Selektion*, *Organisation*, *Transformation* und *Integration* (Mayer 2009; Schlag & Ploetzner 2011), parallel in beiden Repräsentationszweigen ausgeführt und abgeglichen werden: Zunächst werden die relevanten sprachlichen und visuellen Einheiten selektiert. Die selektierten Informationen werden mental organisiert und geordnet. So entsteht ein Wissensbestand mit sprachlich repräsentierten und ein Wissensbestand mit bildhaft repräsentierten Informationen. Werden Text- und Bildinformationen in das jeweils andere Format überführt, so spricht man von Transformation. Über Transformationsvorgänge und Integration in bestehendes Wissen werden die Informationen in das Situationsmodell eingebettet. Für das Entstehen des Situationsmodelles braucht es folglich, dass erkannt wird, welche bildlichen und welche sprachlichen Informationen zusammengehören.

Betrachtet man die Vorgänge des Textverstehens unter dem Aspekt des Wissenserwerbs und des Lernens – eine vorrangige Funktion des Lesens, vor allem in den naturwissenschaftlichen Fächern – dann sind diese kognitiven Teilprozesse Selektion, Organisation, Transformation und Integration von sowohl sprachlichen als auch visuellen Informationen notwendig, um von dem alten Wissenszustand „Vorwissen“ zum neuen Wissenszustand „Nachwissen“ zu gelangen. Das Situationsmodell, welches über das Verstehen des Text-Bild-Gefüges aufgebaut wird, ist dabei maßgeblich an der Veränderung des Wissenszustands beteiligt.

Aus lesedidaktischer Sicht wird dabei immer klarer, dass diese hochkomplexen Verstehensprozesse, gerade auch für sprachlich schwächere Lernende, systematisch zu

entwickelnde wie zu implementierende Unterstützungsmaßnahmen erfordern, da der Textverstehensprozess (wie in der zitierten Literatur beschrieben) nur dann ungestört ablaufen kann, wenn es währenddessen nicht zu einer Überbelastung des Arbeitsgedächtnisses kommt (Chandler & Sweller 1991). Das kann gerade bei Text-Bild-Kombinationen schnell passieren, weil es zu einem *Split Attention Effekt* kommen kann, also zu einer kognitiven Überlastung aufgrund der Aufteilung der Aufmerksamkeit zwischen den zwei verschiedenen Zeichensystemen (Kürschner & Schnotz 2007; Mayer & Moreno 1998). Es ist also ein Ziel der Maßnahmen, das Arbeitsgedächtnis möglichst zu entlasten. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Lernenden schon durch die Art der Informationsgestaltung unterstützt werden, und damit die sachfremde kognitive Belastung (*extraneous cognitive load*) reduziert wird. Zudem kann die kognitive Belastung gesteuert werden, indem instruktionale Maßnahmen ergriffen werden, die verstehensfördernde Aktivitäten induzieren und damit die lernrelevante kognitive Belastung (*germane cognitive load*) gezielt erhöht wird (Brünken, Seufert & Zander 2005).

Wie nun Schüler\*innen in ihrem Leseprozess gewinnbringend unterstützt werden können, damit beschäftigt sich der sprachensible bzw. sprachbewusste Fachunterricht (Leisen 2013; Lindauer, Schmellentin & Beerenwinkel 2016). Grundpfeiler dieses didaktischen Ansatzes sind neben sprachlichen Anpassungen bei den Lesetexten die vier Leseschritte, die den Leseprozess von Schüler\*innen steuern und dabei gleichzeitig Lesestrategien vermitteln und einüben (Lindauer et al. 2013). An Kintschs (1998) Textverstehensebenen orientiert,

- dient der erste Leseschritt dazu, das Vorwissen zu aktivieren,
- wird im zweiten Leseschritt das Verstehen der Textbasis gesichert,
- werden im dritten Leseschritt lokale und globale Kohärenzen des Textinhaltes erschlossen, um das Verstehen größerer Einheiten, wie Absätze oder Unterkapitel zu erlangen,
- so dass, zeitgleich dazu und kumulativ, quasi im vierten Leseschritt schließlich das Situationsmodell des Textes konstruiert wird, das durch Reflexion des Gelesenen und durch Abgleich mit vorhandenem Wissen abgesichert wird.

Wie das Lesen insbesondere informationsdichter Texte, wie sie in den naturwissenschaftlichen Fächern zum Einsatz kommen, angeleitet und strukturiert werden kann, stellen Lindauer et al. (2013) ausführlich und auch an unterrichtspraktischen Beispielen dar. Doch auf die Rolle, die Bilder und Text-Bild-Bezüge beim Verstehen naturwissenschaftlicher Schulbuchtexte spielen, wird nur ansatzweise eingegangen. So wird vor allem darauf hingewiesen, dass das Bildmaterial einer Schulbuchdoppelseite zum Überblicken des Textes und der Vorwissensaktivierung genutzt werden kann. Wie aber genau das Integrieren von Abbildungen in den Lese- und Verstehensprozess gesteuert und angeleitet werden kann, bleibt vage.

Um eine gezielte Leseprozesssteuerung für die in den naturwissenschaftlichen Schulfächern typischen Text-Bild-Gefüge zu entwickeln, ist es von Vorteil, erst einmal den unangeleiteten Leseprozess von Schüler\*innen mit solchen Lehrmitteltexten zu untersuchen und die dabei entstehenden Schwierigkeiten mit dem Leseweg durch den Text zu analysieren. Daher geht die vorliegende Studie der Frage nach, wie Schüler\*innen der 7. Jahrgangsstufe einen komplexen

Biologielehrmitteltext lesen und inwieweit ihre Lesewege durch den Text Auswirkungen auf den Wissenserwerb zeigen.

## 2 | Methoden

Die Daten der Studie stammen aus Leseprozessbeobachtungen, die im Rahmen des Projektes „Textverstehen in den naturwissenschaftlichen Schulfächern“ (Dittmar et al. 2017; Schmellentin et al. 2017; Schneider et al. 2018, 2019) durchgeführt wurden<sup>74</sup>.

Dem Projekt liegt ein Mixed-Methods-Design (vgl. Müller 2018) zugrunde: Insgesamt wurden drei empirische Studien durchgeführt. Zwei sind qualitativ angelegte Leseprozessbeobachtungen (Dittmar et al. 2017; Schmellentin et al. 2017) und eine ist eine größer angelegte Interventionsstudie quantitativer Art (Schneider et al. 2018). Die Daten der hier vorgestellten Studie entstammen den Leseprozessbeobachtungen mit zwei Textvarianten eines Lehrbuchtextes zum Thema Atmung, einem Originallehrmitteltext (Beuck et al. 2012) und einem überarbeiteten Text<sup>75</sup>. Bei dem für die vorliegende Studie ausgewählten Originallehrmitteltext handelt es sich um einen von drei Lehrmitteltexten aus gängigen Schweizer Biologie- und Naturwissenschaftslehrmitteln, die als Grundlage für das Projekt dienten, weil sie thematisch dem Lehrplan der siebten Klasse entsprachen und als in ein Thema einführende Texte der Vermittlung von Lerninhalten dienten. Alle drei Texte wurden im Projekt einer umfassenden linguistischen Textanalyse unterzogen, um typische Textkomplexitätsmerkmale für das Fach Biologie zu bestimmen (vgl. Schmellentin et al. 2017). Der ausgewählte Text zum Thema Atmung lieferte diesbezüglich umfangreiche Komplexitätsmerkmale, so dass er am geeignetsten für eine textseitige Überarbeitung erschien. Der überarbeitete Text zum Thema Atmung wurde aufgrund von empirisch ermittelten Prinzipien zur besseren Verständlichkeit auf der Basis des Originallehrmitteltextes erstellt. Diese Prinzipien ergaben sich aus den tatsächlichen Textschwierigkeiten (Mesmer et al. 2012), also aus Verstehensschwierigkeiten, die bei der Leserschaft im Leseprozess aufgetreten sind. Aus diesen Verstehensschwierigkeiten in Kombination mit den textlinguistisch ermittelten Textkomplexitätsmerkmalen wurden sechs Kategorien von insgesamt 34 Überarbeitungsprinzipien ermittelt, die im Folgenden kurz aufgezählt und mit Einzelbeispielen erläutert werden:

- *Kategorie 1 – Prinzipien zum Layout*: Typographische Mittel (z.B. Fettdruck) wurden bewusst und kohärent eingesetzt und thematische Sinneinheiten auch grafisch als Einheit präsentiert.
- *Kategorie 2 – Prinzipien zur Inhaltsorganisation und Gliederung (Textkohärenz)*: Es wurde auf eine schrittweise Themenentfaltung und eine explizite Themeneinführung geachtet (z.B.

---

<sup>74</sup> Das Projekt „Textverstehen in den naturwissenschaftlichen Schulfächern“ wurde von 2013-2016 an der Pädagogischen Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz unter der Leitung von Hansjakob Schneider und Claudia Schmellentin sowie der Mitarbeit von Eliane Gilg und Miriam Dittmar durchgeführt. Finanziert wurde das Projekt vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF).

<sup>75</sup> Beide Texte sind in den Abbildungen 3, 4 & 5 einzusehen. Der überarbeitete Text ist zudem in Schneider et al. (2019) zugänglich.

advanced organizers), der Text wurde auf die wesentlichen Informationen fokussiert, Nebenkonzpte wurden weggelassen und Redundanzen geschaffen.

- *Kategorie 3 – Prinzipien zur Kohäsion:* Bezüge im Text wurden eindeutig und explizit dargestellt.
- *Kategorie 4 – Prinzipien zur Bildgestaltung:* Die Abbildungen wurden auf die wesentlichen Informationen fokussiert und möglichst alle wichtigen visualisierbaren Sachverhalte auch durch Abbildungen unterstützt.
- *Kategorie 5 – Prinzipien zur syntaktischen Komplexität:* Komplexe syntaktische Einschübe und komplexe Nominalphrasen wurden vermieden.
- *Kategorie 6 – Prinzipien zu (Fach-)Wortschatz und Morphologie (Lexik):* Fachbegriffe wurden explizit erläutert, es wurde auf Fachbegriffskonstanz geachtet und morphologisch komplexe Wörter wurden im Text vermieden oder aufgeschlüsselt.

Die Überarbeitungsprinzipien und ihre Herleitung sind in Schneider et al. (2019) detailliert beschrieben.

Da die vorliegende Studie Daten zu Lesewegen durch den Text und im Speziellen auch zu Text-Bild-Bezügen präsentiert, werden hier nun ein bisschen ausführlicher die Textüberarbeitungen beschrieben, die die Inhaltorganisation, Textstruktur und die Abbildungen betreffen: Die einzelnen Themen wurden in Unterkapitel gegliedert (Prinzipienkategorie 1) und durch neugestaltete, zum Teil zusätzliche Bilder unterstützt (Prinzipienkategorie 4). Dabei wurde auf eine leseprozesslogische Text-Bild-Platzierung geachtet (Prinzipienkategorie 2), d.h. die Abbildungen stehen immer vor der entsprechenden Textstelle, so dass im linearen Lesefluss zuerst die Abbildung betrachtet wird und danach erst die dazugehörige Textpassage. Die Text-Bild-Bezüge sind mit Abbildungsverweisen im Text explizit dargestellt (Prinzipienkategorie 3). Bei der Neugestaltung der Abbildungen wurde auf eine Fokussierung der wesentlichen Informationen geachtet und Nebenkonzpte weggelassen (Prinzipienkategorie 4). Die Themenentfaltung der einzelnen Konzepte geschieht schrittweise, wobei alle Informationen zu einem Thema auch in einem Abschnitt stehen (Prinzipienkategorie 2). Trotz Textanpassung enthielten beide Texte zur Atmung die gleichen Wissenskonzepte.

An den Leseprozessbeobachtungen zu den Lesewegen durch den Text nahmen sechzehn Lernende der siebten Klassenstufe (Durchschnittsalter 13 Jahre, 11 Monate; Min = 13 Jahre, 2 Monate; Max = 14 Jahre, 10 Monate, acht Mädchen, acht Jungen) teil. Je acht der Lernenden besuchten Schulen des Niveaus „erweiterte Ansprüche“ (Sek-A) und je acht Schulen des Niveaus „Grundansprüche“ (Sek-B). Zwischen den Schüler\*innen aus den beiden Schulniveaus konnte kein Unterschied in der Lesekompetenz festgestellt werden. Bei beiden Gruppen handelt es sich um mittelstarke Leser\*innen (T-Werte für Lesegeschwindigkeit: Min = 45, Max = 54; T-Werte für Leseverstehen: Min = 37, Max = 58; LGVT 6-12 mit der Normtabelle für die Gesamtschule 7. Klasse (Schneider, Schlagmüller & Ennemoser 2007)). Die Erfahrungen der Schüler\*innen mit Biologielehrmitteltexten muss als unterschiedlich eingestuft werden. Lediglich kann angenommen werden, dass alle Schüler\*innen seit ca. einem halben Jahr (mit Eintritt in die Sekundarschule zum siebten Schuljahr) Unterricht im Fach Natur und Technik bekamen und persönliche Erfahrungen aus dem Sachunterricht der Grundschulzeit

mitbrachten. Im Gespräch mit den Lehrpersonen wurde sichergestellt, dass das Thema Atmung sowie Texte zum Thema Atmung noch nicht durchgenommen worden sind. Das Vorwissen der Proband\*innen wurde diesbezüglich erhoben und konnte als eher niedrig eingestuft werden.

Jeder Schüler\*in wurde eine der beiden Textversionen (Originaltext oder überarbeiteter Text) zugeteilt und sie wurden beim Lesen videografiert (N = 8 pro Textversion). Während der Leseprozessbeobachtung befanden sie sich zusammen mit der Versuchsleitung in einem ruhigen Raum der Schule. Die Testung erfolgte als Einzeltestung.

Die Leseprozessbeobachtung gliederte sich in zwei Sequenzen, eine Lesesequenz und eine Fragesequenz. Während der Lesesequenz haben die Versuchspersonen den Text still für sich gelesen, wobei sie mit dem Finger nachfahren sollten, so dass zu jedem Zeitpunkt ersichtlich ist, an welcher Textstelle oder Abbildung sich die Schüler\*in aufhält. Aus diesen Daten lassen sich die Lesewege durch den Text ableiten. Wie die Versuchspersonen während des Lesens mit dem Finger den Text nachfahren sollten, wurde vorher anhand eines Beispielvideos instruiert und anhand eines Beispieltexes geübt.

Nach der Lesesequenz folgte die Fragesequenz. Während dieser beantworteten die Versuchspersonen Fragen zum Text mithilfe des Textes in einer Interviewsituation mit der Versuchsleitung, in welcher die Schüler\*innen auch aufgefordert wurden, ihre Antworten zu den Fragen mit entsprechenden Textstellen zu begründen. Daraus ergaben sich problematische schülerseitige Ereignisse, die als Textverstehensschwierigkeiten interpretiert werden können. Das waren z.B. Falschbeantwortungen einer Frage, obwohl vorher die richtige Textstelle gelesen wurde, oder nicht korrekte Äußerungen von Schüler\*innen in ihren Erklärungen und Begründungen, obwohl der gelesene Text diesen Sachverhalt anders darstellte. Diese problematischen schülerseitigen Ereignisse geben Hinweise auf das Konzeptverstehen.

### **3 | Auswertung**

Die qualitative Auswertung der Lesewege der Schüler\*innen durch den Text während der Lesesequenz wurde mit der Videokodiersoftware ELAN (ELAN 2019) vorgenommen. Dazu wurden zwei Videos verschiedener Ansichten des/der Lesenden (aufgenommen mit zwei Videokameras) synchronisiert und in einem ersten Schritt dahingehend zeitlich segmentiert, wann ein Bezug zwischen Textteilen hergestellt wurde. Als Textteil galt ein Absatz oder ein Bild. Absatzüberschriften wurden zu den jeweiligen Absätzen gezählt, Gesamttitel galten als eigener Textteil. Die Segmente erstrecken sich folglich über den zeitlichen Abschnitt, während dem die Lesenden in einem Textteil verweilen. In einem zweiten Schritt wurde auf die gebildeten Segmente kodiert, ob die Schüler\*innen den Fließtext lesen oder eine Abbildung betrachten. Zudem wurde bei jedem Wechsel zwischen Textteilen bestimmt, welche Art Bezug dabei gemacht wurde, also ob ein Text-Text-, Text-Bild-, Bild-Bild- oder Bild-Text-Bezug durchgeführt wurde. Da die Analyse nur ganze Absätze bzw. ganze Abbildungen einbezieht, ist die Analyse der Lesewege eine sehr grobe Analyse. So gibt sie zum Beispiel wiederholendes Lesen innerhalb eines Absatzes nicht wieder. Da der Fokus der Studie aber auf den gemachten Text-Bild-Bezügen liegt, wird dieser Feinheitsgrad der Analyse als ausreichend angesehen.

Darüber hinaus wurde noch die Richtung der Lesewege kodiert, d.h., ob im Text vorwärts gelesen wurde oder zurück zu früheren Passagen gegangen wurde. Außerdem wurde

untersucht, ob der jeweilige Bezug linear erfolgte, also der Anordnung der Textteile auf der Lehrmittelseite folgte oder nichtlinear, also Textteile übersprungen worden sind. Aus dieser Analyse ergeben sich vier mögliche Leserichtungen: „linear vor“, „linear rück“, „nicht-linear vor“ und „nicht-linear rück“.

Abschließend wurde dann für jeden Leseweg kodiert, ob der Leseweg als sinnvoll oder nicht sinnvoll im Hinblick auf das Textverstehen gelten kann. Sinnvolle Lesewege wurden im Rahmen der textlinguistischen Analyse im Projektteam für die beiden Lehrmitteltexte im Konsensverfahren bestimmt, da sie eine Grundlage für die Textüberarbeitung darstellten (z.B. leseprozesslogische Text-Bild-Platzierung in Prinzipienkategorie 2). Diese Bestimmung der sinnvollen Lesewege orientierte sich vornehmlich an inhaltlichen Aspekten des Textes. So wurde beispielsweise ein Sprung zu einer Abbildung, die nicht zum Inhalt des gerade gelesenen Textabschnittes passt, als „nicht-sinnvoll“ kodiert, hingegen das Betrachten einer Abbildung mit passendem Inhalt zu vorher gelesenen Textabschnitt als sinnvoller Leseweg. Als weitere nicht-sinnvolle Lesewege galten, wenn z.B. so in den Text eingesetzt wurde, dass wesentliche Textabschnitte zum Textverständnis ausgelassen wurden oder wenn aufgrund der Spaltenstruktur der korrekte Spaltenwechsel nicht gelang (und dadurch für das Verständnis wichtige Textabschnitte oder Bilder ausgelassen wurden). Diese nicht-sinnvollen Lesewege betrafen ausschließlich die Ebene der lokalen Kohärenzbildung. Auf der Ebene der globalen Kohärenzbildung wurden auch Lesewege als sinnvoll kodiert, wenn Textteile nacheinander gelesen oder betrachtet wurden, bei denen sich die Inhalte unterschieden (z.B. Sprünge zwischen Abschnitten, Bildern, Unterkapiteln, Titeln). Jegliche Zweifelsfälle wurden durchgängig als sinnvolle Lesewege kodiert, damit individuellen Lesegewohnheiten Raum gegeben wird.

Die Kodierungen auf den Segmenten wurden ausgezählt und deskriptiv statistisch dargestellt, um über diesen Weg Hinweise auf Textunterschiede zu bekommen. Für die statistischen Berechnungen zu den Textvergleichen und die tabellarischen Gegenüberstellungen wurden Textlänge und Anzahl der Bildflächen über beide Texte so gewichtet, dass der Originaltext in Bezug auf den überarbeiteten Text normiert wurde. Dazu wurden verschiedene Faktoren berechnet, die in die statistischen Berechnungen miteingehen, um die textversionsspezifischen Unterschiede in Bezug auf Textlänge und Anzahl der Abbildungen und Absätze auszugleichen (vgl. Tabelle 1).

	Originaltext	überarbeiteter Text	Faktor zur Angleichung
Anzahl Bildflächen	5	4	0,8
Anzahl Einzelbilder	6	6	1,0
Anzahl Zeichen	2926	4416	1,51
Anzahl Wörter	490	809	1,65
Anzahl Sätze	44	84	1,91
Anzahl Absätze	11	16	1,45
Anzahl Textteile insgesamt (Absätze und Bildflächen)	16	20	1,25

**Tab.1:** Textlängenangleichung des Originaltextes an den überarbeiteten Text

## 4 | Ergebnisse

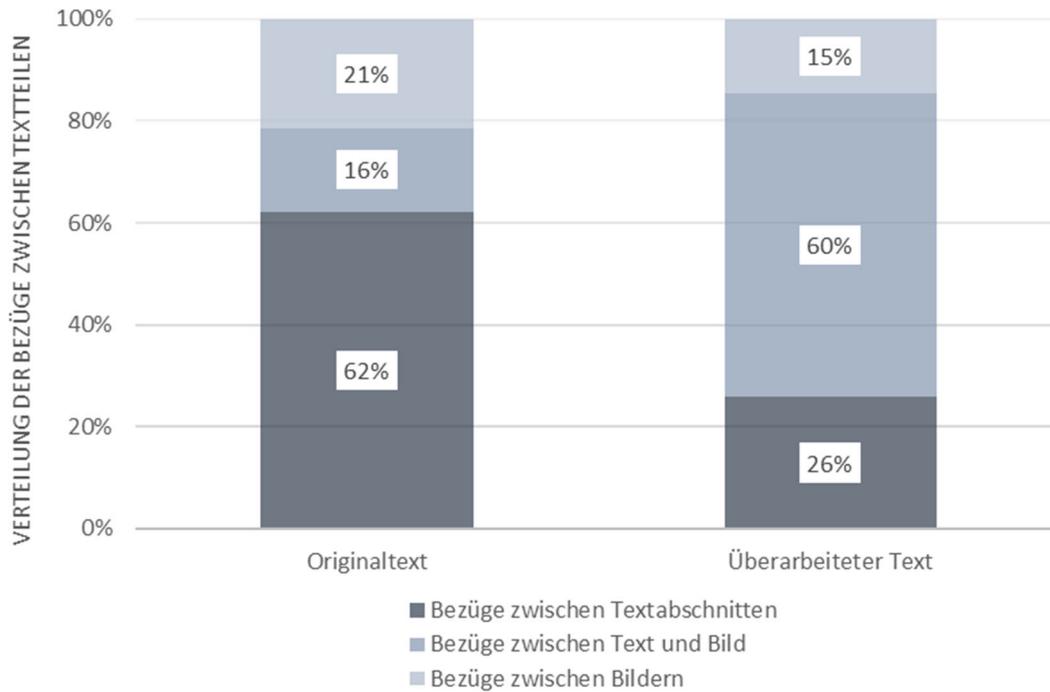
### Lesewege und Bezüge zwischen Textteilen

Insgesamt konnten beim Originaltext  $n(\text{gesamt}) = 132$  Bezüge zwischen Textteilen und beim überarbeiteten Text  $n(\text{gesamt}) = 297$  Bezüge zwischen Textteilen beobachtet werden. Da der Originaltext weniger Textteile aufweist als der überarbeitete Text, wurde die Anzahl der Bezüge an die Textlänge des überarbeiteten Textes mit dem Faktor 1,25 angepasst (vgl. Tabelle 2), so dass man  $n(\text{gesamt\_angepasst}) = 165$  Bezüge beim Originaltext erhält. Vergleicht man die Leserichtungen der Versuchspersonen, so lässt sich kein großer Unterschied zwischen den beiden Texten erkennen. Die Leser\*innen beider Texte lesen bevorzugt linear vorwärts, wobei alle möglichen Leserichtungen, wenn zum Teil auch selten, ebenfalls eingeschlagen werden (vgl. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.).

Leserichtung	Originaltext	überarbeiteter Text
	Anzahl (%)	Anzahl (%)
linear vor	101 (61%)	194 (65%)
linear rück	5 (3%)	32 (11%)
nicht-linear vor	39 (23%)	40 (13%)
nicht-linear rück	20 (12%)	31 (10%)
gesamt	165 (100%)	297 (100%)

Tab. 2: Verteilung der Leserichtungen

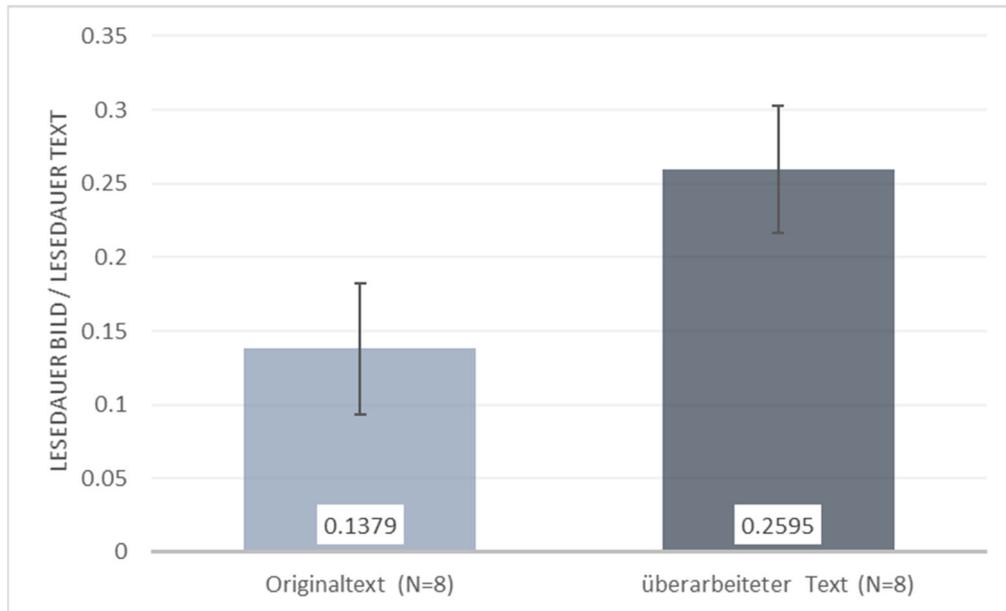
Ein anderes Bild zeigt sich jedoch, wenn man sich die Art der Herstellung von Bezügen anschaut, die zwischen Textteilen gemacht werden. Beim Originaltext werden insgesamt  $n(\text{Text-Text}) = 70$  Bezüge zwischen Textabschnitten,  $n(\text{Text-Bild}) = 27$  Bezüge zwischen Text und Bild und  $n(\text{Bild-Bild}) = 35$  Bezüge zwischen Bildern hergestellt, beim überarbeiteten Text sind das  $n(\text{Text-Text}) = 87$  Bezüge zwischen Textabschnitten,  $n(\text{Text-Bild}) = 161$  Bezüge zwischen Text und Bild und  $n(\text{Bild-Bild}) = 49$  Bezüge zwischen Bildern. Da der überarbeitete Text mehr Textabschnitte, aber weniger Bildflächen enthält, und damit die Wahrscheinlichkeit beim Lesen des Originaltextes einen Text-Text-Bezug zu machen kleiner, für einen Text-Bild-Bezug aber grösser ist, wird die Gesamtzahl der Text-Text-Bezüge beim Originaltext mit dem Faktor 1,45 erweitert, die Text-Bild-Bezüge jedoch um den Faktor 0,8 vermindert (vgl. Abbildung 1). Ein Vergleich der beiden Textversionen zeigt deutlich, dass beim Originaltext vor allem Bezüge zwischen Fließtextabschnitten hergestellt werden und nicht so sehr zu den Bildern. Beim überarbeiteten Text hingegen geschehen mehr als die Hälfte aller Bezüge zwischen Text und Bildern (vgl. Abbildung 1). Diese Unterschiede sind signifikant ( $\chi^2(2, n = 501) = 88,945, p < .001$ ).



**Abb.1:** Prozentuale Verteilung der Bezüge zwischen Textteilen und Abbildungen

Dabei muss zusätzlich im Blick behalten werden, dass auch die Gesamtanzahl aller Bezüge, die beim Lesen des Originaltextes gemacht werden, viel kleiner ist als beim Lesen des überarbeiteten Textes (vgl. Abbildung 1).

Dieser Unterschied im Leseverhalten der Schüler\*innen zwischen den beiden Textversionen wird auch deutlich, wenn man die durchschnittliche kumulative Verweildauer betrachtet, also wie lange sich jede Versuchsperson mit dem Fließtext bzw. mit den Bildern beschäftigt (vgl. Abbildung 2). Setzt man die Verweildauer beim Text und bei den Bildern miteinander ins Verhältnis, dann zeigt sich, dass sich die Versuchspersonen beim Originaltext im Durchschnitt 14 Prozent ihrer Lesezeit mit den Bildern beschäftigen und 86 Prozent mit dem Fließtext. Damit beschäftigen sie sich ca. siebenmal länger mit dem Fließtext als mit den Bildern. Beim überarbeiteten Text verweilen die Probanden 28 Prozent ihrer Lesezeit bei den Bildern und 72 Prozent beim Fließtext; das ist nur in etwa dreieinhalbmal länger. Der Unterschied vom Verhältnis der durchschnittlichen kumulativen Verweildauer bei Fließtext und Bild ist zwischen den Textversionen signifikant mit großer Effektstärke ( $t = -2,813$ ;  $df = 14$ ;  $p = .016$ ;  $d = 1,44$ ).



**Abb.2:** Verhältnis der durchschnittlichen kumulativen Verweildauer bei Bild und Text

Dass die Bilder beim überarbeiteten Text häufiger zum Leseprozess hinzugezogen werden, zeigt sich auch dann, wenn man sich die Anzahl der Bildbetrachtungen anschaut. Beim Originaltext werden während des Leseprozesses die Bilder meist nur einmal bis gar nicht hinzugezogen, beim überarbeiteten Text deutlich öfter (vgl. Abbildung 3).

Es stellt sich nun zusätzlich noch die Frage, wann sich die Schüler\*innen während des Lesens entscheiden, zu einem Bild zu gehen. Abbildung 4 zeigt die Bezüge aus dem Text heraus zu einem Bild mit gelben Pfeilen markiert, graue Pfeile stellen Bild-Bild-Bezüge dar. Man erkennt, dass die Versuchspersonen, die den Originaltext gelesen haben, hauptsächlich Bild-Bild-Bezüge machen, wobei die Bilder unabhängig vom Text in der Reihe gelesen werden. Beim überarbeiteten Text werden wesentlich häufiger Text-Bild-Bezüge gemacht.

### Stoffwechsel des Menschen

**1 Atemwege.** A Übersicht; B Bronchien und Lungenflügel; C Endbronchien mit Lungenbläschen; D Schleimhaut mit Flimmerhärchen

**3 Atmung**

**3.1 Wie wir atmen**

Beim Atmen strömt die Luft durch die beiden Nasenlöcher in ein verzweigtes System von Nasenmuschel und Nebenhöhlen, die in unseren hohlen Oberkiefer und Stirnhöhlen liegen. Die Wände dieser Höhlen sind mit einer leuchtigen Schleimhaut ausgekleidet. In der Schleimhaut der Nasenmuschel liegen die Riechzellen. Die Schleimhaut wärmt die Einatemluft auf Körpertemperatur vor und befeuchtet sie. Außerdem bleiben an ihrem wässrigen Schleim Staub, Bakterien und Viren haften. Größere Verunreinigungen werden von Haaren im Nasenraum abgefangen.

Über den Rachen, wo sich Nasen- und Mundraum vereinigen, gelangt die Luft zum Kehlkopf. Er trennt Speiseröhre und Luftröhre. Die Luftröhre teilt sich in die beiden Hauptbronchien. Jede versorgt einen der Lungenflügel. Luftröhre und Bronchien besitzen Ventilationen aus Knorpel, damit sie sich beim heftigen Einatmen nicht durch den Unterdruk verschließen. Diese Knorpelplatten kann man an der Kehle entdecken. Die Bronchien verzweigen sich in der Lunge in immer kleinere Atemkanälchen. Alle diese Atemwege sind mit einer Schleimhaut mit Flimmerhärchen ausgekleidet. Wie auf einem Fließband werden winzige Verunreinigungen und Krankheitserreger, die im Nasen- und Rachenraum noch nicht ausgefiltert wurden, von den Flimmerhärchen zum Kehlkopf transportiert, wo sie hinuntergeschluckt werden. Im Magen tötet die Magensäure alle Krankheitserreger ab. Die Atemkanälchen enden in Trauben aus winzigen Lungenbläschen. Sie besitzen Wände, die so dünn sind wie die von Seifenblasen. Durch sie werden Sauerstoff und Kohlendioxid ausgetauscht. Außen ist die Lunge vom Lungenfell umhüllt. Zwischen ihm und dem Rippenfell, das den Brustkorb auskleidet, befindet sich ein flüssigkeitsgefüllter Spalt. Dadurch kann sich die Lunge beim Atmen im Brustraum verschieben.

Bei der Atmung wird Luft abwechselnd eingeatmet und ausgeatmet. Dies bewirkt vor allem das **Zwerchfell**, eine dünne Muskelmembran, die unterhalb der Lunge

### Stoffwechsel des Menschen

quer durch den Bauchraum gespannt ist. Es trennt den Brustkorb mit Lunge und Herz vom Bauchraum mit Magen, Darm und anderen Organen. Ist das Zwerchfell entspannt, bildet es eine Kuppel, die von unten Ende der Rippen bis hoch in die Herzgendel reicht. Der Innenraum des Brustkorbs, den die Lunge ausfüllt, ist dann klein. Dies ist der Zustand beim Ausatmen. Spannt sich das Zwerchfell, wird es flach und das Volumen des Brustkorbs vergrößert sich. Dabei entsteht ein Unterdruk und wir atmen ein. Gleichzeitig werden die Bauchorgane nach unten gedrängt und die Bauchwand wölbt sich vor. Deshalb nennt man diese Form der Atmung auch **Bauchatmung**. Erschlafft das Zwerchfell, verkleinern sich Brustraum und Lungenvolumen. Dabei erhöht sich der Druck und wir atmen wieder aus.

Solche Atembewegungen entstehen auch durch Ausdehnung des Brustkorbs. Bei dieser **Brustatmung** heben Zwischenrippenmuskeln das Brustbein und die Rippen an. Dadurch dehnt sich der Brustkorb nach vorne und zur Seite. Er vergrößert sein Volumen und die Zwischenrippenmuskeln ziehen wieder, verringert sich das Volumen des Brustkorbs. Wir atmen aus.

Bei großen Anstrengungen verstärken alle Muskeln des Oberkörpers die Atembewegungen. Das trifft auch für das Husten und Niesen zu, mit dem wir Fremdkörper aus den Atemwegen entfernen.

**2 Atmung.** A Bauchatmung; B Brustatmung

Die Atemluft gelangt durch Nase, Rachen, Kehlkopf, Luftröhre und Bronchien in die Lunge. Zwerchfell und Zwischenrippenmuskeln bewirken durch Vergrößerung und Verkleinerung des Lungenvolumens die Atembewegungen.

1 Beschreibe den Weg der Atemluft.  
2 Begründe den Ratschlag, durch die Nase statt durch den Mund einzutreten.  
3 Sitzende Arbeitshaltung kann dazu führen, dass Teile der Lunge nicht ausreichend belüftet werden. Begründe, warum man im Sitzen nur flach atmet.

**1** Ast der Lungenvene  
**2** Lungenbläschen  
**3** Knorpel  
Dünnzelle  
Flimmerzelle  
Flimmerhärchen  
Scheim

## Die Atmung

**Wird die in diesem Text korrek?**

Bei der Atmung wird Luft in die Lunge transportiert und wieder aus der Lunge ausgeatmet. Sind die Atemwege frei, den Körper mit dem Lebenserhaltungssystem zu versorgen. Die Lunge ist das wichtigste Atemorgan. In diesem Text erklärt die, welchen Weg die Luft zur Lunge nimmt. Du erfährst auch, wie die Luft in den Atemwegen transportiert wird. Zudem kennst du zwei Atembewegungen kennen, die die Atmung ermöglichen die Bauchatmung und die Brustatmung.

**Die Atemwege**

Über die Atemwege gelangt die Luft in die Lunge, die aus zwei Lungenflügeln besteht.

1. Nasenmuschel, 2. Kehlkopf, 3. Luftröhre, 4. Bronchien, 5. Lungenflügel, 6. Rippen, 7. Zwischenrippenmuskeln, 8. Zwerchfell, 9. Lungenbläschen

Der Mensch atmet die Luft durch die Nase (1) oder den Mund (2) ein. Die Luft gelangt über den Kehlkopf (3) zum Rachen (4). Beim Schluckvorgang schließt die Speiseröhre und die Luftröhre (5). Die Luft gelangt in die Luftröhre. Die Luftröhre teilt sich in zwei Äste. Diese Äste nennt man Bronchien (6). Durch sich die Luftröhre und die Bronchien beim Einatmen nicht verschließen, haben sie Ringe aus Knorpel. Diese Ringe nennt man Knorpelringe (7) und (8). Knorpel ist härter als Knorpelringe (9) und (10). Knorpel ist härter als Knorpelringe (11). Die Knorpelringe bilden die Luftröhre und die Bronchien (12). Die Luft gelangt durch die Luftröhre und die Bronchien in die Lunge. In der Lunge teilen sich die Bronchien in immer kleinere Bronchien. Am Ende der Bronchien befinden sich winzige Lungenbläschen (13). Durch die dünne Wand der Lungenbläschen gelangt Sauerstoff in das Blut. Wo dies funktioniert, erfüllt es die einen anderen Text.

**Transport der Luft in den Atemwegen**

Die Luft wird auf dem Weg von der Nase zur Lunge transportiert. Die erste Aufgabe dabei ist der Nase statt. Hier tragen die Nasenhaare gelblich-braune Verunreinigungen ab. Kleine Verunreinigungen wie Staub, Viren oder Bakterien werden mithilfe von Keimbildern abgefangen. Alle Atemwege von der Nase bis zu den Bronchien haben Schleimhäute. Diese sind feucht und klebrig. Die klebrigen Verunreinigungen werden auf dem Schleimhaute haften. Die Schleimhäute haben winzige Härchen. Diese Härchen nennt man Flimmerhärchen. Die Flimmerhärchen bewegen sich ständig und transportieren so die Verunreinigungen, Bakterien und Viren zum Rachen (14). Dort werden die Keimbildern abgefangen und gelangen in den Magen. Im Magen werden die Bakterien und Viren von der Magensäure abgetötet.

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 gereinigter und gewärmer Luft in die Lunge.

**Die Atembewegungen**

Die Atembewegungen ermöglichen, dass die Luft in die Lunge transportiert und wieder ausgeatmet wird. In diesem Abschnitt wird es beschrieben, wie die Organe arbeiten, um die die Atembewegungen möglich sind. Dadurch werden die Atembewegungen erklärt.

1. Luftröhre, 2. Kehlkopf, 3. Lungenbläschen, 4. Rippen, 5. Zwischenrippenmuskeln, 6. Zwerchfell, 7. Lungenflügel

Im Brustraum (14) befindet sich das Herz und die Lunge (15). Der Brustraum ist von schmalen Knochen umschlossen, dem Rippen (16). Zwischen dem Rippen ist es Membran. Diese nennt man Zwischenrippenmuskeln (17). Rippen und Zwischenrippenmuskeln bilden eine Art-Korb um die Lunge. Man nennt ihn deshalb Brustkorb. Unten am Brustkorb befindet sich das Zwerchfell (18). Das Zwerchfell trennt den Brustraum vom Bauchraum. Es ist ein matter Muskel, der wie eine Haut aussieht.

Zwischen dem Brustkorb und der Lunge hat es zwei kleine Hohlräume: den Lungenfell (19) und den Rippenfell (20). Das Lungenfell umhüllt die Lunge. Das Rippenfell liegt um die Lungenfell herum und ist mit einem flüssigen Schmiermittel. Zwischen dem Lungenfell und dem Rippenfell befindet sich Flüssigkeit. Diese Flüssigkeit bewirkt, dass die Lungenfell und das Rippenfell aneinander haften und sich trotzdem verschieben können. So kann die Lunge den Bewegungen der Rippen folgen, wie die Bewegungen beim Atmen funktionieren, wird es nächsten Abschnitt beschrieben.

**Zwei Atemarten**

Es gibt zwei Arten von Atembewegungen, die Bauchatmung (21) und (22) und die Brustatmung (23) und (24). Beide Atembewegungen werden durch Muskeln bewirkt.

**Die Bauchatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Bauchatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (25) (26) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (27) (28).

**Die Brustatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Brustatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (29) (30) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (31) (32).

**Die Bauchatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Bauchatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (33) (34) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (35) (36).

**Die Brustatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Brustatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (37) (38) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (39) (40).

**Die Bauchatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Bauchatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (41) (42) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (43) (44).

**Die Brustatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Brustatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (45) (46) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (47) (48).

**Die Bauchatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Bauchatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (49) (50) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (51) (52).

**Die Brustatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Brustatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (53) (54) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (55) (56).

**Die Bauchatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Bauchatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (57) (58) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (59) (60).

**Die Brustatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Brustatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (61) (62) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (63) (64).

**Die Bauchatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Bauchatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (65) (66) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (67) (68).

**Die Brustatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Brustatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (69) (70) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (71) (72).

**Die Bauchatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Bauchatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (73) (74) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (75) (76).

**Die Brustatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Brustatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (77) (78) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (79) (80).

**Die Bauchatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Bauchatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (81) (82) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (83) (84).

**Die Brustatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Brustatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (85) (86) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (87) (88).

**Die Bauchatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Bauchatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (89) (90) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (91) (92).

**Die Brustatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Brustatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (93) (94) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (95) (96).

**Die Bauchatmung:**

Das Zwerchfell ist der Muskel, der die Bauchatmung bewirkt. Muskeln können angespannt oder entspannt sein. Im angespannten Zustand ist das Zwerchfell flach (97) (98) und im entspannten Zustand ist es nach oben gewölbt (99) (100).

Abb.3: Anzahl der Bildbetrachtungen pro Versuchsperson (N=16) beim Originaltext (oben) und überarbeiteten Text (unten); jeder Kreis stellt eine Versuchsperson dar, die Zahl im Kreis zeigt, wie oft diese Versuchsperson die Abbildung während des Leseprozesses hinzugezogen hat.



Jedoch sind höchstwahrscheinlich nicht alle Bezüge zwischen den Textteilen, die von den Schüler\*innen gemacht werden, auch als sinnvoll für den Leseprozess anzusehen. So ist es beispielsweise für den Leseprozess und das Textverstehen nicht förderlich, wenn Lesende beim Originaltext vom Ende des Fließtextes her zum Bild 1C gehen, da in den letzten Absätzen des Textes die Atembewegungen Bauch- und Brustatmung beschrieben werden, das Bild jedoch den Aufbau der Lungenbläschen mit Endbronchien und Blutversorgung darstellt. Trotzdem schlugen 4 Versuchspersonen (50%) genau diesen Leseweg aufgrund der Anordnung von Text und Bild ein. Sinnvoller wäre es hier, sich die Bilder zur Bauch- und Brustatmung oben rechts anzuschauen. Diese Verknüpfung gelingt aber nur einer Sek-A Schülerin (vgl. dazu Abbildung 4).

Auch beim überarbeiteten Text passieren nicht alle Bezüge, die zwischen Textteilen gemacht werden, an sinnvoller Stelle für das Textverstehen, jedoch die meisten. Abbildung 4 zeigt in Bezug auf sinnvolle Lesewege deutliche Unterschiede zwischen den Textversionen. Diese Unterschiede sind immer dann signifikant, wenn Bilder in den Leseprozess mit einbezogen werden.

	Originaltext			überarbeiteter Text			Unterschied Chi-Quadrat nach Pearson
	sinnvolle Lesewege	nicht sinnvolle Lesewege	gesamt	sinnvolle Lesewege	nicht sinnvolle Lesewege	gesamt	
Text-Bild- Bezug	5 (36%)	9 (64%)	14 (100%)	76 (94%)	5 (6%)	81 (100%)	Chi <sup>2</sup> (1, n=95) = 32.083 p <.001
Bild-Text- Bezug	8 (62%)	5 (38%)	13 (100%)	76 (95%)	4 (5%)	80 (100%)	Chi <sup>2</sup> (1, n=93) = 14.325 p <.001
Bild-Bild- Bezug	29 (83%)	6 (17%)	35 (100%)	47 (96%)	2 (4%)	49 (100%)	Chi <sup>2</sup> (1, n=84) = 4.042 p <.044
Text-Text- Bezug	66 (94%)	4 (6%)	70 (100%)	80 (92%)	7 (8%)	87 (100%)	Chi <sup>2</sup> (1, n=157) = 0.324 n.s.

**Tab. 3:** Anzahl sinnvoller und nicht sinnvoller Textteilbezüge pro Textversion

Zusammenfassend sieht man, dass es Schüler\*innen einer siebten Klasse mit dem überarbeiteten Text besser gelingt, die Bilder während des Textlesens zu integrieren: Sie verweilen länger bei den Bildern, ziehen sie häufiger in ihren Leseprozess mit ein und machen mehr sinnvolle Bezüge zwischen dem Text und den Bildern. Das zeigt, dass schon rein textseitige Maßnahmen, wie eine Anpassung der Lehrmitteltexte an eine strukturierte, auf der Textoberfläche offensichtliche Inhaltsorganisation (z.B. durch Absatzüberschriften), eine leseprozesslogische Text-Bild-Platzierung und die Bereitstellung von Bildverweisen im Fließtext Sekundarschüler\*innen der siebten Klasse einen hilfreichen Rahmen bieten, um ihren Leseprozess erfolgreich zu steuern. Inwieweit dieses auch einen Einfluss auf das Textverstehen hat, soll im Folgenden anhand von Daten zum Konzeptverständnis aufgezeigt werden.

## Konzeptverstehen

Die Daten zum Konzeptverstehen werden hier anhand zweier Beispielkonzepte „Aufbau der Atemwege“ und „Aufbau des Brustraumes“ aufgezeigt und interpretiert. Beide hier vorgestellten Konzepte sind in beiden Textversionen sowohl sprachlich als auch visuell repräsentiert (vgl. Abbildung 5). Als Unterschied zwischen den Textversionen fällt jedoch auf, dass beim überarbeiteten Text Fließtext und Bilder zum jeweiligen Konzept räumliche Nähe und eine inhaltlich kohärente Struktur aufweisen, während das beim Originaltext nicht der Fall ist (für eine detaillierte Analyse der Texte in Bezug auf Kohärenz in der Inhaltsorganisation siehe Dittmar et al. 2017).

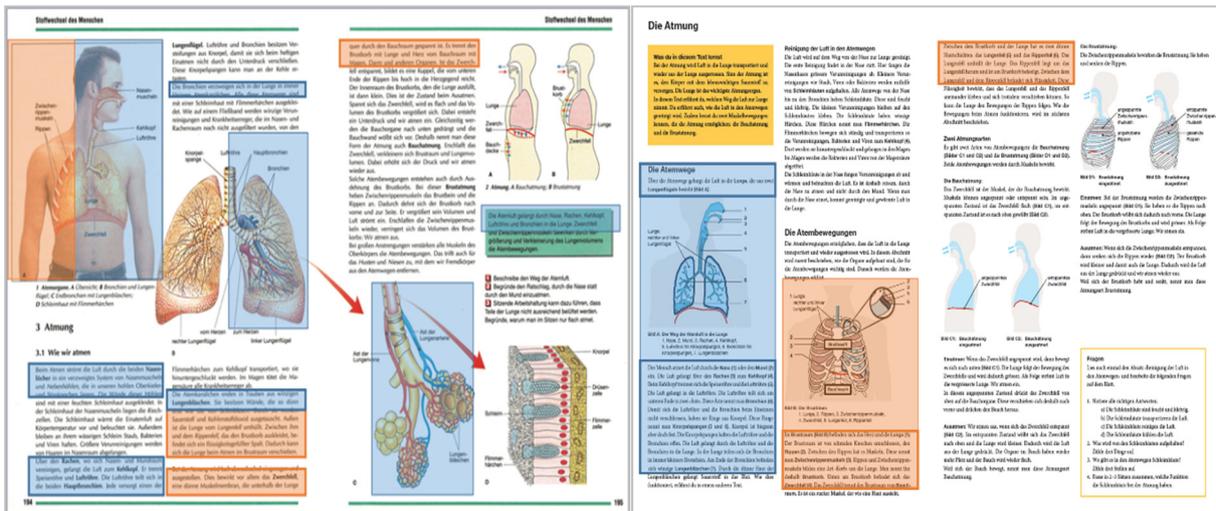


Abb. 5: Verteilung der Informationen zu den Konzepten Atemwege (blau) und Brustraum (orange). Links der Originaltext, rechts der überarbeitete Text.

Das Konzeptverstehen der Schüler\*innen wurde anhand ihrer Performanz in der Fragesequenz bestimmt (siehe Abschnitt Methoden). Inwieweit Fachkonzepte verstanden oder nicht verstanden wurden, lässt sich von den Antworten der Schüler\*innen während der Fragesequenz ableiten, indem in beiden den Versuchspersonen aufgrund ihrer Antworten problematische und unproblematische Ereignisse zugeteilt wurden. Tabelle 4 zeigt einen Vergleich der problematischen Ereignisse mit den unproblematischen Ereignissen bei Fragen zu den Wissenskonzepten „Atemwege“ und „Aufbau Brustraum“ (für eine Analyse der anderen im Text enthaltenen Wissenskonzepte siehe Dittmar et al. 2017).

Man erkennt, dass der Anteil der problematischen Ereignisse beim Originaltext doch sehr groß ist, d.h., ein ausreichendes Verständnis der Konzepte „Atemwege“ und „Brustraum“ gelingt mit diesem Lehrmitteltext zur Atmung nicht. Da auch die sinnvollen Lesewege mit diesem Text nicht gelingen, könnte es hier einen Zusammenhang geben. Diese Interpretation muss aber unter Vorbehalt gemacht werden, weil die Studie nicht so angelegt war, dass die Textanpassungen kontrolliert nur für die Organisation von Text und Bild durchgeführt worden sind. Es wurden ebenso andere Textanpassungsprinzipien, wie z.B. eine vereinfachte Syntax, explizitere Begriffsdefinitionen etc. vorgenommen, die ebenfalls das Konzeptverstehen beeinflusst haben können. Daher sind diese Daten nur als Indizien zu werten.

Konzept		problematische Ereignisse Anzahl (%)	unproblematische Ereignisse Anzahl (%)	gesamt Anzahl (%)
Atemwege	Originaltext	63 (64%)	36 (36%)	99 (100%)
	überarbeiteter Text	38 (28%)	98 (72%)	136 (100%)
Brustraum	Originaltext	29 (78%)	8 (22%)	37 (100%)
	überarbeiteter Text	16 (13%)	107 (87%)	123 (100%)

**Tab. 4:** Anzahl der problematischen und unproblematischen Ereignisse während der Fragesequenz bei Fragen zu den Wissenskonzepten Atemwege und Brustraum

## 5 | Diskussion

Die Daten geben Hinweise darauf, dass Siebtklässler\*innen Mühe damit haben, Bilder ausreichend in den Leseprozess mit einzubeziehen. Zum Teil ignorieren sie Abbildungen als Informationsquelle, machen problematische Text-Bild-Bezüge und/oder lesen die Bilder unabhängig vom Text. Je weniger ihr Leseprozess durch die Textstrukturierung gesteuert wird, desto schwerer fällt ihnen die Integration von Text und Bild sowie ein sinnvoller Leseweg durch den Text. Die Folge ist, dass sich das Konzeptverstehen aus dem Leseprozess nicht genügend aufbaut.

Natürlich stellt sich in Bezug auf die vorliegenden Daten die methodische Frage, ob der Auftrag, beim Lesen des Textes mit dem Finger nachzufahren, nicht den Leseprozess an sich dahingehend stört, dass ein lineares Lesen bevorzugt wird und ein Springen zu weit entfernten Abbildungen eher unterbunden wird, da es die kognitiven Ressourcen aufgrund der motorischen Extraleistung (Augen- evtl. Kopf- plus Finger-/Armbewegungen) zusätzlich belastet. Das würde einen Vorteil für den überarbeiteten Text bedeuten, da hier die Abbildungen näher an ihre korrespondierenden Textstellen gerückt wurden.

Mit dem Einsatz eines Eyetrackers hätte diese zusätzliche kognitive Belastung reduziert werden können. Ein Blick auf in der Beobachtung von Leseprozessen verorteten Eyetracking-Studien unterstützt jedoch die Ergebnisse der vorliegenden Studie. So zeigt zum Beispiel Jian (2016), dass die Augenbewegungen taiwanesischer Viertklässler\*innen beim Lesen eines Biologielehrmitteltextes im Gegensatz zu Erwachsenen vor allem zwischen Textabsätzen und zwischen Bildern hin und her gingen, nicht jedoch zwischen Text und Bild. Ähnliches finden Hannus & Hyönä (1999), die zeigen konnten, dass das Leseverhalten finnisch sprechender Viertklässler\*innen stark auf den Fließtext fokussiert und nur sehr wenig auf die Abbildungen. Auch in dieser Studie gab es Gruppenunterschiede dahingehend, dass Kinder mit höheren intellektuellen Fähigkeiten auch besser in der Lage waren, ihre visuelle Aufmerksamkeit zwischen Fließtext und Bildern aufzuteilen.

Hinweise darauf, dass die Integration von Abbildungen während des Leseprozesses vom Leseziel abhängt, gibt die Studie von Zhao et al. (2014). Sie konnten zeigen, dass Jugendliche Abbildungen vor allem dann nutzen, wenn Fragen zum Text beantwortet werden sollen und nicht so sehr beim unspezifischen Auftrag, den Text als Ganzes zu lesen.

Auch dass das Textverstehen beim Lesen naturwissenschaftlicher Texte davon abhängt, wie gut Text und Bilder während des Leseprozesses integriert werden, wird durch eine Eyetracking-Studie unterstützt: So konnten Mason, Tornatora & Pluchino (2013) bei Italienisch sprechenden Viertklässler\*innen zeigen, dass die Kinder, welche häufiger zwischen Fließtext und Abbildungen hin und her schauten sowie die Abbildungen länger betrachteten, auch besser beim Lernen von sowohl Fakten- als auch Transferwissen abschnitten.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass ein unangeleitetes sinnvolles Lesen von Text-Bild-Kombinationen Kindern und jüngeren Jugendlichen (noch) nicht gelingt. Dagegen bewirken jedoch minimale Lesesteuerungselemente (wie etwa Abbildungsverweise im Text, räumlich nahe Text-Bild-Platzierung sowie gezielte Instruktionen in Form von Fragen), dass beim Leseprozess eine vermehrte Text-Bild-Integration abläuft.

Es macht also Sinn, den Leseprozess von Schüler\*innen auch in den höheren Klassenstufen anzuleiten. Textanpassungen in Bezug auf die Inhaltsorganisation und Abbildungsverweise sind da ein erster Schritt, doch ihre Umsetzung in Form von Lehrmittelerneuerungen sind sehr langwierig. Explizite Leseanleitungen hingegen können unabhängig von einer Lehrmittelneuaufgabe zu bestehenden Lehrmitteltexten entwickelt werden und sie organisieren zudem den Leseprozess noch stärker als die reinen Textanpassungen. Außerdem unterstützt die Nutzung von Leseanleitungen den Erwerb von Lesestrategien. Von daher wäre es sinnvoll, fachspezifische und stufenspezifische Leseprozesssteuerungen für diese komplexen Lehrmitteltexte zu entwickeln.

Wie schon in der Einleitung erwähnt, widmet sich der sprachbewusste Fachunterricht der Leseprozesssteuerung von schulischen Fachtexten (Lindauer et al. 2013), hat aber die spezifischen Schwierigkeiten, die Text-Bild-Kombinationen aufwerfen, noch nicht konsequent integriert. Eine Unterstützung der drei kognitiven Teilprozesse beim Lesen komplexer Sachtexte – Selektion, Organisation und Transformation – ist zwar in Bezug auf Organisationsprozesse angedeutet (Concept Map, Ablauf-, Struktur-, Prozessschema erstellen, Ober-/Unterbegriffe sammeln etc.), jedoch wird nicht beschrieben, wie diese kognitiven Prozesse systematisch und auch im Zusammenhang mit informationstragenden Bildern aktiviert werden können. Wie eine Leseanleitung zur Aktivierung der kognitiven Teilprozesse aussehen könnte, schlagen Schlag & Ploetzner (2011) vor. Sie zeigen in ihrer Studie, welche Wirksamkeit Instruktionen auf das Konzeptlernen mit naturwissenschaftlichen Texten haben, wenn diese Selektions- und Organisationsstrategien zusammen mit der Verknüpfung von Text und Bild anregen. Dazu ließen sie Mittelschüler\*innen einer 6. Klasse einen Biologietext mit der folgenden Anleitung lesen:

- „Lies den ersten Satz vom Text und unterstreiche die Begriffe, die dir am wichtigsten erscheinen“ (Selektion Text).
- „Markiere dann die dazugehörigen Elemente in der Abbildung“ (Selektion Abbildung).
- „Nun beschrifte die markierten Elemente in der Abbildung mit den unterstrichenen Begriffen“ (Organisation Text-Bild).

Zusätzlich sollten die Schüler\*innen den Text noch mit eigenen Worten zusammenfassen und eine Skizze über die wichtigsten Informationen aus dem Text zeichnen (Transformation). Im

Gegensatz zu einer Kontrollgruppe, die nur den Auftrag erhielt, das Gelesene mit eigenen Worten zusammenzufassen, erreichte die Interventionsgruppe wesentlich höhere Nachwissenswerte und zwar in allen drei Wissensarten, namentlich im Faktenwissen, Konzeptwissen und Transferwissen (siehe auch Schlag 2011).

Um also noch einmal auf die vier Leseschritte des sprachbewussten Fachunterrichts zurückzukommen, sollten folgende Ergänzungen beim Lesen informationsdichter Texte in Betracht gezogen werden:

- Im Leseschritt *eins*, wenn es darum geht, dem Text zu begegnen, einen Überblick über den Text zu generieren und das Vorwissen zu aktivieren, wäre es sicherlich von Bedeutung, den Fokus der Lesenden direkt auf Abbildungen mit Situierungsfunktion zu lenken, auf Abbildungen also, die Szenarien bieten, um den Text in einen inhaltlichen Rahmen zu stellen. Zusätzlich könnten auch schon in diesem ersten Leseschritt die Funktionen weiterer Abbildungen im Text geklärt werden, bevor das genaue Lesen gestartet wird. Zu schauen wäre hier also z.B., ob dekorative Bilder vorkommen und welche Abbildungen informierende Bilder mit darstellender (Zeigefunktion), organisierender (Konstruktionsfunktion) oder transformierender Funktion sind (Ballstaedt 2012; Weidenmann 2002). Dieses Vorgehen bereitet den kognitiven Prozess der Selektion vor, indem etwa rein dekorative Bilder aus dem Aufmerksamkeitsbereich genommen werden können (siehe auch *seductive details* von Garner, Brown, Sanders & Menke 1992; Harp & Mayer 1998).
- Im *zweiten* Leseschritt, wenn der Text auf lokaler Kohärenzebene bearbeitet wird, ist es wichtig, auch die Abbildungen als Informationsquellen im Blick zu behalten. Hier stellt sich für die Lesenden die Schwierigkeit, dass zur Informationsgenerierung das visuelle Argument der Abbildung erschlossen werden muss (Weidenmann 1994). Da Bilder immer mehrdeutig sind, ist dafür die Fähigkeit erforderlich, Darstellungs- und Steuerungscode lesen zu können. Darstellungscode in Bildern fokussieren auf kritische Merkmale der Wahrnehmung von Objekten und Szenen, indem sie z.B. Kontraste, Begrenzungen und Umrisse übertreiben. Steuerungscode lenken die Rezeption des visuellen Arguments. Sie steuern den Blickverlauf, heben Details hervor und regen kognitive Operationen wie Vergleichen und Schlussfolgern an. Typische Steuerungscode sind Pfeile, Vergrößerungen oder Hervorhebungen, sie erfolgen aber auch oft sprachlich in Form von Bildlegenden, Bildüberschriften und Bildbeschriftungen (Weidenmann 1994). Das Lesen und Nutzen der Darstellungs- und Steuerungscode braucht Anleitung und Übung. Zudem könnte es von Vorteil sein, die einzelnen Abbildungen zunächst einmal ohne den Text zu „lesen“ und damit einen möglichen Split Attention Effekt zu verhindern, um dann schließlich im Leseschritt drei (siehe unten) die Informationen aus Abbildungen und Fließtext zusammenbringen zu können.
- Aber nicht nur innerhalb der Bilder sollte der Wahrnehmungsprozess gesteuert werden, sondern auch zwischen Bildern bzw. zwischen Fließtext und Abbildung. Hier gilt es, lokale Kohärenzen im Text für die Lesenden sichtbar zu machen, indem die Bedeutung der unterschiedlichen „Kohäsionsmittel“ zwischen Fließtext und Abbildungen, zu denen zum Beispiel explizite Mittel wie Abbildungsverweise, aber auch implizite wie Nähe, Pfeile, Lupen etc. zählen, zu klären. Mit der Steuerung der Wahrnehmungsprozesse hin zu diesen verbindenden Elementen werden die verschiedenen Bezüge im Text für die Lesenden

sichtbar. Im Leseschritt *zwei* sollten also neben dem Gewinnen lokaler Informationen aus dem Fließtext zum einen die Wahrnehmungsprozesse zum Lesen der Abbildungen angeleitet und gesteuert werden, zum zweiten die Informationen, die Abbildungen generieren, erschlossen werden und zum dritten die Verknüpfungen von Fließtext und Bildern auf der Textoberfläche sichtbar gemacht werden.

- Der nachfolgende Leseschritt *drei* zielt auf die hierarchiehöheren Textverstehenskompetenzen ab. Der Text soll verarbeitet und lokale und globale Kohärenz innerhalb von Abschnitten bzw. über den Gesamttext gebildet werden. Damit dies gelingen kann, müssen die einzelnen Informationen aus dem Fließtext und den Abbildungen in einen Zusammenhang gebracht werden, d.h. die Abbildungen müssen als Bestandteile der einzelnen Konzepte, die der Text vermitteln soll, im Blick behalten werden. Hierbei kommen, wie schon in der Einleitung erwähnt, die drei kognitiven Teilprozesse Selektion, Organisation und Transformation ins Spiel. Selektions- und Organisationsprozesse werden dabei am besten mithilfe der Kombination aus Fließtext und Abbildungen angeregt. So kann es zum Beispiel die Entscheidung unterstützen, welche Informationen im Fließtext als wichtig erachtet werden sollten, wenn erkannt wird, dass bestimmte Informationen auch in den Abbildungen wiederaufgenommen worden sind. Durch die Redundanz werden wichtige Inhalte fokussiert (Selektion) und können dann in Organisationsprozessen weiterverarbeitet werden. Und auch für die Organisation von Inhalten sind dann wieder die Abbildungen entscheidend, da sie z.B. räumliche Strukturen oder zeitliche Prozesse darstellen und damit eine Organisationsmöglichkeit vorgeben. Der stetige Abgleich während des Leseprozesses zwischen Abbildungs- und Fließtextinhalten führt dann zu Transformationsprozessen, also zu einer Versprachlichung der bildlichen Informationen und einer Verbildlichung der sprachlichen Informationen, so dass daraus ein umfangreiches mentales Modell gebildet werden kann, welches schließlich in das bestehende Wissen zu integrieren ist. Durch Aufträge zur Versprachlichung (z.B. Beschreibungen) und bildlichen Darstellung (z.B. Diagramme) werden diese Transformationsprozesse zusätzlich angeregt.
- Leseschritt *vier* dient schließlich dazu, das Textverständnis zu sichern, also die Integrationsprozesse in vorhandenes Wissen anzuregen. Hier verortet sich zudem die Reflexion über den Text, aber auch über das eigene Textverstehen, so dass in diesem letzten Leseschritt auch noch einmal über die verschiedenen Funktionen der Bilder im Text und die verwendeten Strategien zur Text-Bild-Integration nachgedacht werden kann. Das gebildete mentale Modell wird an dieser Stelle also nochmal kritisch ‚befragt‘ und in diesem Sinne abgesichert.

Bilder unterstützen also den Wissensaufbau, wenn sie sinnvoll im verbalen Textkörper platziert sowie thematisch passend und damit kohärent verwendet sind. Das aber wird in vielen Lehrmitteltexten, die Schüler\*innen als Lernangebot gegeben werden, nicht erfüllt. Außerdem stellt das Lesen von Text-Bild-Kombinationen an sich aufgrund spezieller Anforderungen Lernende vor verschiedene Herausforderungen, so dass das Lesen und das Verstehen von schulischen Fachtexten unbedingt didaktisch zu begleiten ist. Dabei sollte das Ziel instruktionaler Unterstützung darin bestehen, solche Hilfen anzubieten, die den Wissenserwerb unterstützen, ohne das Ausmaß an zusätzlicher kognitiver Belastung zu stark zu erhöhen.

## 6 | Literatur

- Ballstaedt, S.-P. (2012). *Visualisieren: Bilder in wissenschaftlichen Texten*. UVK Verlagsgesellschaft.
- Baumert, J. & Schümer, G. (2001). Familiäre Lebensverhältnisse, Bildungsbeteiligung und Kompetenzerwerb. In: J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider & M. Weiss (Hrsg.), *PISA 2000 Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (S. 323–407). Leske + Budrich.
- Beuck, H.-G., Dobers, J., Rabisch, G. & Zeeb, A. (2012). *Erlebnis Biologie 2*. Schroedel.
- Bolte, C. & Pastille, R. (2010). Naturwissenschaften zur Sprache bringen. Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierenden naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: G. Fenkart, A. Lembens & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften* (S. 26–46). Studienverlag.
- Brünken, R., Seufert, T. & Zander, S. (2005). Förderung der Kohärenzbildung beim Lernen mit multiplen Repräsentationen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 19(1/2), 61–75. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.19.12.61>
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2)
- Christmann, U. (2010). Lesepsychologie. In: M. Kämper-van den Boogaart & K. Spinner (Hrsg.), *Lese- und Literaturunterricht, Teil 1* (S. 148–200). Schneider.
- Dittmar, M., Schmellentin, C., Gilg, E. & Schneider, H. (2017). Kohärenzaufbau aus Text-Bild-Gefügen: Wissenserwerb mit schulischen Fachtexten. *Leseforum Schweiz. Literalität in Forschung und Praxis*, 1(Multimodalität), 1–19.
- ELAN (Version 5.8) [Computer Software]. (2019). Max Planck Institute for Psycholinguistics, The Language Archive. <https://archive.mpi.nl/tla/elan>.
- Garner, R., Brown, R., Sanders, S. & Menke, D. J. (1992). “Seductive details” and learning from text. In: K. A. Renninger, S. Hidi & A. Krapp (Hrsg.), *The role of interest in learning and development* (S. 239–254). Erlbaum.
- Hannus, M. & Hyönä, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low- and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, 24(2), 95–123. <https://doi.org/10.1006/ceps.1998.0987>
- Harp, S. F. & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 90(3), 414.
- Jian, Y.-C. (2016). Fourth graders’ cognitive processes and learning strategies for reading illustrated biology texts: Eye movement measurements. *Reading Research Quarterly*, 51(1), 93–109. <https://doi.org/10.1002/rrq.125>

- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, 95(2), 163–182. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.95.2.163>
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge University Press.
- Kintsch, W. & van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*, 85(5), 363–394. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.85.5.363>
- Kürschner, C. & Schnotz, W. (2007). Konstruktion mentaler Repräsentationen bei der Verarbeitung von Text und Bildern. *Unterrichtswissenschaft*, 35(1), 48–67.
- Leisen, J. (2013). *Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. Klett.
- Lenhard, W. (2013). *Leseverständnis und Lesekompetenz: Grundlagen - Diagnostik - Förderung*. Kohlhammer.
- Lindauer, T., Schmellentin, C. & Beerenwinkel, A. (2016). Sprachbewusster Naturwissenschaftsunterricht: Werkstattbericht zu einem transdisziplinären Entwicklungsprojekt. In: I. Winkler & F. Schmidt (Hrsg.), *Interdisziplinäre Forschung in der Deutschdidaktik. «Fremde Schwestern' im Dialog* (S. 225–246). Peter Lang.
- Lindauer, T., Schmellentin, C., Beerenwinkel, A., Hefti, C. & Furger, J. (2013). *Sprachbewusst unterrichten. Eine Unterrichtshilfe für den Fachunterricht im Auftrag des Bildungsraums Nordwestschweiz*. Abgerufen von <https://irf.fhnw.ch/handle/11654/16585> [16.09.2021].
- Lindauer, T. & Schneider, H. (2007). Lesekompetenz ermitteln: Aufgaben im Unterricht. In: A. Bertschi-Kaufmann (Hrsg.), *Lesekompetenz, Leseleistung, Leseförderung: Grundlagen, Modelle und Materialien* (S. 109–125). Kallmeyer.
- Mason, L., Tornatora, M. C. & Pluchino, P. (2013). Do fourth graders integrate text and picture in processing and learning from an illustrated science text? Evidence from eye-movement patterns. *Computers & Education*, 60(1), 95–109. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.07.011>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology*, 90(2), 312–320. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.90.2.312>
- Merzyn, G. (1994). *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer*. IPN.
- Mesmer, H. A., Cunningham, J. W. & Hiebert, E. H. (2012). Toward a theoretical model of text complexity for the early grades: Learning from the past, anticipating the future. *Reading Research Quarterly*, 47(3), 235–258. <https://doi.org/10.1002/rrq.019>.
- Müller, C. (2018). Mixed Methods: Theorie und Praxis methodenpluraler Forschung. In: J. Boelmann (Hrsg.), *Empirische Forschung in der Deutschdidaktik* (S. 161–172). Schneider Hohengehren.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford University Press, Clarendon Press.
- Ricke, G. & Schade, U. (2000). Kohärenz und Kohäsion. In: K. Brinker, G. Antos, W. Heinemann & S. F. Sager (Hrsg.), *Text- und Gesprächslinguistik: Ein internationales Handbuch zeitgenössischer Forschung*. De Gruyter.
- Rinke, K. (2010). Von der Alltagssprache zur Fachsprache. Bruch oder schrittweiser Übergang? In: G. Fenkart, A. Lembens & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften* (S. 47–62). Studienverlag.

- Schlag, S. (2011). *Kognitive Strategien zur Förderung des Text- und Bildverstehens beim Lernen mit illustrierten Sachtexten: Theoretische Konzeptualisierung und empirische Prüfung*. Logos.
- Schlag, S. & Ploetzner, R. (2011). Supporting learning from illustrated texts: Conceptualizing and evaluating a learning strategy. *Instructional Science*, 39(6), 921–937. <https://doi.org/10.1007/s11251-010-9160-3>
- Schmellentin, C., Dittmar, M., Gilg, E. & Schneider, H. (2017). Sprachliche Anforderungen in Biologielehrmitteln. In: B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks & C. Schmellentin (Hrsg.), *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen* (S. 23–91). Narr.
- Schneider, H., Dittmar, M., Gilg, E. & Schmellentin, C. (2018). Textseitige Maßnahmen zur Unterstützung des Leseverstehens im Biologieunterricht. *Didaktik Deutsch*, 45, 94–116.
- Schneider, H., Gilg, E., Dittmar, M. & Schmellentin, C. (2019). Prinzipien der Verständlichkeit in Schulbüchern der Biologie auf der Sekundarstufe 1. In: B. Ahrenholz (Hrsg.), *Sprache im Fach*. De Gruyter.
- Schneider, W., Schlagmüller, M. & Ennemoser, M. (2007). *Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassenstufen 6-12 (LGVVT)*. Hogrefe.
- Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen: Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten*. Beltz.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141–156. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00017-8)
- Staraschek, E. (2003). Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 135–146.
- van Dijk, T. A. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. Academic Press.
- Weidenmann, B. (1994). Informierende Bilder. In: B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen* (S. 9–58). Huber.
- Weidenmann, B. (2002). Abbilder in Multimediaanwendungen. In: L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis* (S. 2–11). Beltz.
- Zhao, F., Schnotz, W., Wagner, I. & Gaschler, R. (2014). Eye tracking indicators of reading approaches in text-picture comprehension. *Frontline Learning Research*, 2(4), 46–66.