

Prediger, Susanne; Hardy, Ilonca

## Fachliches und sprachliches Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht

Becker-Mrotzek, Michael [Hrsg.]; Gogolin, Ingrid [Hrsg.]; Roth, Hans-Joachim [Hrsg.]; Stanat, Petra [Hrsg.]:  
Grundlagen der sprachlichen Bildung. Münster ; New York : Waxmann 2023, S. 171-184. - (Sprachliche  
Bildung; 10)



Quellenangabe/ Reference:

Prediger, Susanne; Hardy, Ilonca: Fachliches und sprachliches Lernen im  
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - In: Becker-Mrotzek, Michael [Hrsg.]; Gogolin, Ingrid  
[Hrsg.]; Roth, Hans-Joachim [Hrsg.]; Stanat, Petra [Hrsg.]: Grundlagen der sprachlichen Bildung.  
Münster ; New York : Waxmann 2023, S. 171-184 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-320055 - DOI:  
10.25656/01:32005

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-320055>

<https://doi.org/10.25656/01:32005>

in Kooperation mit / in cooperation with:



**WAXMANN**  
[www.waxmann.com](http://www.waxmann.com)

<http://www.waxmann.com>

### Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk  
bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,  
solange Sie den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm  
festgelegten Weise nennen und das Werk bzw. diesen Inhalt nicht bearbeiten,  
abwandeln oder in anderer Weise verändern.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die  
Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.en> - You may copy,  
distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public as long as you  
attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are  
not allowed to alter or transform this work or its contents at all.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of  
use.



### Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)

Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

Susanne Prediger und Ilonca Hardy

## Fachliches und sprachliches Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht

### 1. Warum Sprachbildung im und für den Fachunterricht?

Sprache ist nicht nur im Deutsch- und Fremdsprachenunterricht, sondern in allen Fächern von Bedeutung: Sprache ist ein hoch relevantes *Lernmedium*, denn Wissensaufbau erfolgt in Kommunikation und stets auch mittels sprachlicher Denkwerkzeuge (Kempert, Schalk & Saalbach, 2019; Moschkovich, 2015). Sprachkompetenz stellt allerdings auch eine *Lernvoraussetzung* dar, so dass sprachlich schwächere Lernende weniger Fachleistungen aufbauen als sprachlich stärkere (Paetsch et al., 2015). Diese Unterschiede betreffen vor allem den Aufbau von Konzeptwissen und von kognitiv anspruchsvollen prozessbezogenen Kompetenzen (z. B. Kempert et al., 2019; Prediger, Wilhelm, Büchter, Gürsoy & Benholz, 2015). Als Konsequenz wird Sprachbildung inzwischen als Querschnittsaufgabe aller Fächer verstanden (MSWWE, 1999), wobei zwischen fachübergreifender Bildungssprache und Fachsprache unterschieden wird (z. B. Heppt et al., 2020): Beides wird als *Lerngegenstand* in allen Fächern verstanden unter der Zielsetzung, fachliche und sprachliche Lerngelegenheiten im Unterricht systematisch zu verknüpfen (vgl. Kapitel 4.1 dieses Buches zur Bildungssprache).

In diesem Beitrag fokussieren wir die Sprachbildung nicht nur *im*, sondern auch *für* den Fachunterricht, d. h. die Frage, wie Sprachbildung auszugestaltet ist, damit sie als *Katalysator für fachliches Lernen* fungieren kann. Interventions- und Längsschnittstudien zeigen, dass Sprachbildung fachlich lernwirksam werden kann (z. B. Prediger & Wessel, 2018; Götze & Baiker, 2021; Kempert et al., 2019), wenn sie auf fachlich relevante sprachliche Anforderungen fokussiert (Abschnitt 3) und mit geeigneten Prinzipien umgesetzt wird (Abschnitt 4). Die diesbezüglichen Forschungsergebnisse basieren auf lernpsychologischen und linguistischen Grundlagen, die vorab vorgestellt werden (Abschnitt 2).

### 2. Hintergrund: Sprache als Denkwerkzeug für den Konzeptaufbau

In lernpsychologischer Perspektive wird der Aufbau von konzeptuellem Verständnis als aktive Auseinandersetzung mit Lerngegenständen verstanden, bei der Lernende neues Wissen auf der Grundlage von bestehendem Konzeptwissen konstruieren. Konzepte sind (kognitiv repräsentierte) Vorstellungen, die zur Struktu-

rierung und Klassifizierung von Gegenständen, Ereignissen oder Sachverhalten dienen (Siegler, DeLoache & Eisenberg, 2011). Beispielsweise können Lebewesen u. a. in Säugetiere und Reptilien unterschieden werden, welche jeweils mit spezifischen, voneinander differenzierbaren Merkmalen beschrieben werden. Das Konzeptwissen ist in vielen Inhaltsbereichen sprachlich konnotiert. Das bedeutet, dass Kinder und Jugendliche ihre Konzepte insbesondere durch verbale Bezugnahme und Erklärungen seitens der Bezugs- bzw. Lehrpersonen konstruieren, erweitern und ausdifferenzieren und diese wiederum sprachlich ausdrücken.

In sozio-konstruktivistischer Perspektive nach Vygotsky (1986) wird Sprachverwendung zudem als ein Denkwerkzeug verstanden, welches die äußere Welt mit der mentalen Welt verbindet, den Aufbau von abstrakten Begriffen unterstützt und anspruchsvolle Denkprozesse ermöglicht. Unter anderem wurde gezeigt, dass explizite oder implizite Aufforderungen zum Vergleichen (zwischen Gegenständen und Zuständen) eine konzeptuelle Umstrukturierung bewirken können (Namy & Gentner, 2002; Kempert et al., 2019). Beispielsweise kann das handlungsbegleitende Verweisen auf Materialbezeichnungen wie Holz oder Styropor bei Vorschulkindern die Wahrnehmung von Materialklassen und deren zugrundeliegenden Eigenschaften fördern (Hardy, Saalbach, Leuchter & Schalk, 2020).

Die Sprachverwendung in Bildungskontexten ist nicht nur durch einzelne Wörter oder Satzkonstruktionen geprägt, sondern durch größere sprachliche Einheiten, nämlich *Sprachhandlungen* wie das Erklären von Bedeutungen, Erläutern von Vorgehensweisen, Argumentieren über eine Entscheidung. Solche Sprachhandlungen werden zum einen durch ihre *Funktion* in den Bildungskontexten charakterisiert, zum anderen durch die *Sprachmittel*, die zu ihrer Ausführung notwendig sind, z. B. spezifischer Wortschatz und Phrasen (Gadow, 2016; Quasthoff, Morek & Heller, 2021). Das Beschreiben im naturwissenschaftlichen Kontext erfordert es beispielsweise, dass Lernende sich möglichst präzise ausdrücken, Inhalte in der richtigen Reihenfolge präsentieren und das Aussehen oder Vorgänge in die Beschreibungen aufnehmen. Die beschreibende Person muss zudem wissen, dass Beschreibungen keine Wertungen oder Interpretationen enthalten. Die verwendeten Begriffe können im Bildungskontext andere Konzeptbedeutungen aufweisen als im Alltagssprachlichen Kontext, z. B. wird der Begriff „Kraft“ alltagssprachlich als Eigenschaft von Personen (jemand hat Kraft) oder Gegenständen (etwas hat Kraft, wenn es schnell ist) verwendet, jedoch im physikalischen Kontext als Stärke einer Wechselwirkung (Geist, Lange-Schubert & Dietze, 2017). Wer den Begriff Kraft für physikalische Argumentationen nutzen will, muss seine spezifisch physikalische Konzeptbedeutung erarbeitet haben. Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, die spezifischen sprachlichen Anforderungen an Lernende herauszuarbeiten.

### 3. Identifizieren fachlich relevanter sprachlicher Anforderungen

Um Sprache als Denkwerkzeug für den Aufbau von Konzeptverständnis und für anspruchsvolle Denkprozesse einsetzen zu können, ist eine systematische Analyse von bildungs- bzw. fachsprachlichen Anforderungen für den jeweiligen Unterrichtsgegenstand erforderlich (z.B. Gabler et al., 2020a; Prediger, 2020). Den Übergang von Bildungs- zur Fachsprache verstehen wir dabei als fließend, weil der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht der Klassen 1–10 maßgebliche fachspezifische Beiträge zur Bildungssprache leistet, so werden z. B. logische Beziehungen („wenn-dann“) oder spezifische Relationen („je-desto“, „pro“) zusammen mit den mathematischen Strukturen gelernt und dann auch in anderen Fächern gebraucht.

Die lern- und entwicklungspsychologischen sowie linguistischen Grundlagen machen deutlich: Ein rein isoliertes Lernen von formalen Begriffen („Dividend“, „Divisor“), wie es beispielsweise durch Anlegen von Wortspeichern ohne Verknüpfung mit fachlichen Lernaktivitäten in vielen Schulbüchern erfolgt (de Araujo & Smith, 2022), ist wenig zielführend. Denn Wortschatz bildet keinen Selbstzweck, sondern wird als Sprachmittel für bestimmte fachliche Lernziele und für die passenden Sprachhandlungen erworben, dasselbe gilt für syntaktische Strukturen, die stets in ihrer Funktion für die satzbezogenen und übersatzmäßigen Äußerungen zu behandeln sind. Dies soll an zwei Beispielen illustriert werden, nämlich für fachlichen Konzeptaufbau (Abschnitt 3.1) und für themenübergreifende Denkprozesse (Abschnitt 3.2).

#### 3.1 Sprachhandlungen und themenspezifische Sprachmittel für fachlichen Konzeptaufbau

Die zentrale sprachliche Einheit im sprachbildenden Fachunterricht sind die Sprachhandlungen. Dies sind bestimmte Typen von Äußerungen, die jeweils spezifischen kommunikativen und kognitiven Zwecken dienen und in einer Sprachgemeinschaft regelhaft vorkommen, also auch typische Situationen des Lehr-Lern-Prozesses prägen. Die zugehörige linguistische Kategorie ist die der Diskursfunktionen (Dalton-Puffer, 2013) oder Diskurspraktiken (Quasthoff et al., 2021).

Beim Entwickeln sprachbildender Unterrichtseinheiten für fachlichen Konzeptaufbau sollten diejenigen Sprachhandlungen und Sprachmittel fokussiert werden, die zum Erreichen der fachlichen Lernziele nötig sind. Abbildung 1 zeigt am Beispiel der Division, dass die zwei fachlichen Teilziele „Divisionen ausrechnen“ und „Bedeutung der Division verstehen“ mit zwei verschiedenen Sprachhandlungen verknüpft sind, Erläutern von Rechenwegen oder Erklären von Bedeutungen. Für beide Sprachhandlungen werden unterschiedliche Sprachmittel (Wortschatz, Satzstrukturen) gebraucht: Zum *Erläutern der Rechenwege* sind sequenzierende Konnektoren („zuerst. ... danach“) und formale Begriffe relevant, die zu den symbolischen Rechnungen passen (wie Dividend oder Divisor), zum *Erklären der*

*Bedeutung* hingegen werden integrierende Konnektoren („das bedeutet“, „also“) und sogenannte bedeutungsbezogene Sprachmittel gebraucht, mit denen die Operation selbst mit Bedeutung gefüllt wird, und zwar durch (a) In-Beziehung-Setzen beider Zahlen („passen in“) und (b) Verbalisierung der zentralen fachlichen Struktur (hier das Bündeln in „5er-Schritte“). Während sprachlich starke Lernende für das Erklären der Bedeutungen eigene Sprachmittel finden, muss für sprachlich Schwächere diese sogenannte *bedeutungsbezogene Denksprache* erst erarbeitet und im Gebrauch zunächst unterstützt werden. Insbesondere gehören die graphischen Darstellungsmittel (hier der Zahlenstrahl mit seiner Schritte-Darstellung) zu einer so definierten *bedeutungsbezogenen Denksprache*, welche die fachlich relevanten epistemischen Funktionen von Sprache erfüllt (Prediger, 2020; Pöhler & Prediger, 2015).

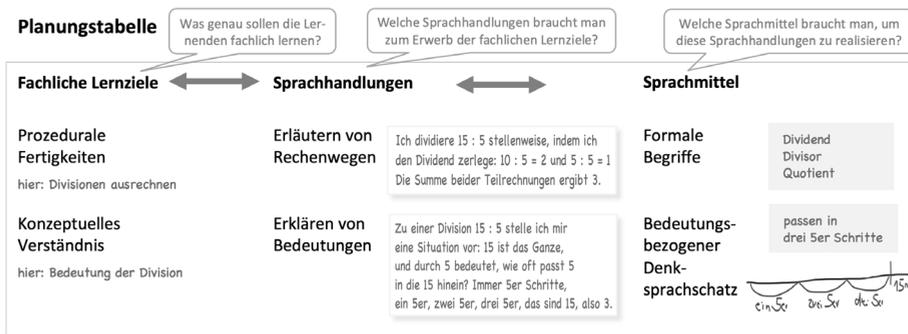


Abbildung 1: Planungstabelle für das Identifizieren fachlich relevanter sprachlicher Anforderungen (Prediger, 2020) – hier am Beispiel des Konzeptaufbaus zur Division

Die Grundlinien dieses Beispiels lassen sich auf andere Inhalte übertragen: Mit Hilfe der Planungstabelle in Abbildung 1 kann in der Materialentwicklung oder Unterrichtsplanung identifiziert werden, welche Sprachhandlungen und Sprachmittel für die jeweiligen fachlichen Lernziele bedeutsam sind. Empirisch konnte gezeigt werden, dass Unterrichtseinheiten, die auf die bedeutungsbezogene Denksprache fokussieren, den Konzeptaufbau wirksam unterstützen können (Prediger & Wessel, 2018; Götze & Baiker, 2021).

### 3.2 Sprachhandlungen und Sprachmittel für themenübergreifende Denkprozesse

Während beim Konzeptaufbau gerade die themenspezifischen Sprachmittel im Vordergrund stehen, werden andere Denkprozesse mit themenübergreifenden Sprachmitteln unterstützt: Ein typisches Beispiel bilden die Schritte des naturwissenschaftlichen Experimentierens, z. B. das Hypothesenbilden und Prüfen von Vermutungen durch Datengewinnung (z. B. durch Überlegungen zu Versuchsanlagen, Beobachtung und Messung) und der Interpretation von Evidenz. Den einzelnen Schritten werden Sprachhandlungen wie das Beschreiben, Vermuten, Erklären und Begründen zugeordnet, für deren Realisierung jeweils entsprechende themenübergreifende Sprachmittel benötigt werden (Gabler et al., 2020a, 2020b; vgl. Tabelle 1).

In Analysen von Sprachhandlungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts zeigte sich, dass eine Häufung von themenübergreifenden sprachlichen Mitteln in entsprechenden Diskursen auftritt, sie umfassen sowohl fach- bzw. bildungssprachlichen Wortschatz (z. B. „die Vermutung“) als auch Phrasen (z. B. „je mehr, desto ...“). Es zeigte sich u. a., dass auch Kinder mit geringeren Deutschkenntnissen in der Lage sind, solche Sprachhandlungen auszuführen (Gadow, 2016).

Auch Phrasen zur Verknüpfung von Satzteilen, wie „ich vermute, dass ...“; „das ist passiert, weil ...“ sind kennzeichnend für die Sprachverwendung in mathematisch-naturwissenschaftlichen Kontexten (Enzenbach et al., 2019). In Tabelle 1 ist zu erkennen, dass die Sprachhandlungen nicht trennscharf mit einzelnen Schritten des Erkenntnisprozesses verbunden sind, wie beispielsweise beim Begründen als einer für das naturwissenschaftliche Vorgehen zentralen Sprachhandlung. Umgekehrt lassen sich die Erkenntnisschritte jeweils unterschiedlich sprachlich umsetzen (vgl. Abbildung 2).

Tabelle 1: Identifizieren sprachlicher Anforderungen – hier am Beispiel des naturwissenschaftlichen Experimentierens (Gabler et al., 2020a, 2020b; Enzenbach, Krabbe & Fischer, 2019)

<b>Schritte des naturwissenschaftlichen Experimentierens</b>	<b>Sprachhandlungen</b>	<b>mit Beispiel</b>	<b>themenübergreifende Sprachmittel</b>
Forschungsfrage formulieren	Fragen nach Phänomenen	Wie hoch steigt das Wasser, wenn ich einen Gegenstand eintauche?	Woran liegt es, dass ... Wie kommt es, dass ... Gibt es einen Unterschied zwischen ...
Hypothesenbildung: Vermutungen aufstellen	Vermuten einer Ursache / eines Zusammenhangs Begründen der Vermutung	Die Wasserverdrängung hängt vom Volumen des Gegenstandes ab, weil große Gegenstände mehr Platz im Wasser brauchen.	Es kann gut sein, dass ... Ich glaube/vermute, dass ... Ich kenne das von ... und deshalb ... Das ist so wie ..., weil ...
Versuchsplanung und -durchführung	Beschreiben von Schritten der Versuchsdurchführung Erklären der Versuchsanordnung	Erst markiere ich den Wasserstand in einem Glas. Dann lege ich eine kleine Murmel ins Wasser und markiere den Wasserstand. Dann nehme ich die Murmel aus dem Wasser und lege eine große Kugel ins Wasser, die genauso viel wiegt wie die Murmel. Nun markiere ich wiederum den Wasserstand.	Man muss beachten, dass ... Zuerst verschiebt man ... Danach legt man ...
Datengewinnung: Beobachtung und Dokumentation	Beschreiben von beobachtbaren Zuständen Vergleichen von Beobachtungen (visuell) Darstellen von Beobachtungen	Der Wasserstand ist bei der Kugel höher als bei der Murmel, obwohl sie gleich viel wiegen. Je größer das Volumen eines Gegenstands, desto mehr Wasser wird verdrängt. Das sieht man auch am Vergleich der markierten Wasserstände.	Es hat sich etwas verändert, und zwar ... Je mehr ... desto ... Wenn .... dann ... Es entsteht ...
Auswertung und Interpretation	Begründen von Erkenntnissen auf der Grundlage von Hypothesen und Evidenz Berichten über Vorgehen und Erkenntnisse Erklären von Zusammenhängen Argumentieren aus unterschiedlicher Perspektive	Das bedeutet, dass es nicht auf die Masse eines Gegenstandes ankommt, sondern dass das Volumen ausschlaggebend für die Wasserverdrängung bei sinkenden Gegenständen ist. Das war beim Vergleich der Wasserstände im Versuch erkennbar.	Das könnte daran liegen, dass .... Im Vergleich zu ... ist ... Man muss beachten, dass ... Diese Beobachtung bedeutet, dass ... Hier zeigt sich die Bedeutung von ... Die Ursache für ... ist ...

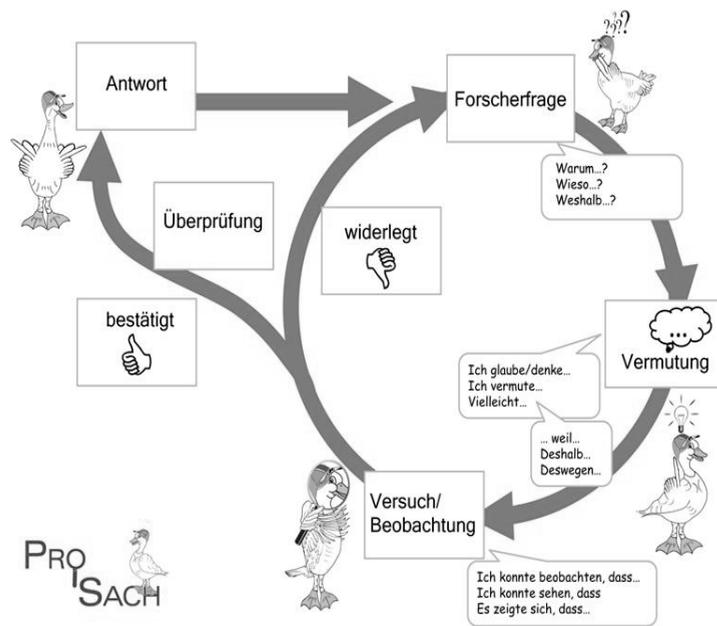


Abbildung 2: Beispiel für Erkenntnischnitte im Forschungszyklus mit Sprachhandlungen und Sprachmitteln (Gabler et al., 2020a)

Darüber hinaus nimmt das wissenschaftliche Argumentieren eine besondere Stellung ein, als es einerseits das Ausführen einer themenübergreifenden Sprachhandlung erfordert, andererseits auch mit wissenschaftlichem Denken und fachlichem Erkenntnisgewinn einhergeht (vgl. Leuchter & Hardy, 2021). Im Unterrichtsgespräch mit unterschiedlichen Beteiligten wird z. B. die Argumentationstiefe bestimmt. Wenn einer Behauptung nur durch eine Gegenbehauptung entgegnet wird, spricht man von einem niedrigen Argumentationsniveau, werden Behauptungen mit passenden Fakten und Beobachtungen gestützt, findet sich ein höheres Niveau (vgl. Osborne, Erduran & Simon, 2004).

Im folgenden Abschnitt soll nun für unterschiedliche Fachbezüge aufgezeigt werden, wie das Ausführen von Sprachhandlungen und der Erwerb von Sprachmitteln unterstützt werden können.

#### 4. Prinzipien zur Gestaltung sprachbildenden Fachunterrichts

Drei Prinzipien haben sich zur Gestaltung sprachbildenden mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachunterrichts besonders bewährt: Die reichhaltigen Diskursanregungen (Abschnitt 4.1), Darstellung- und Sprachebenen-Vernetzung (Abschnitt 4.2) und das Makro- und Mikro-Scaffolding (Abschnitt 4.3). Jedes dieser Prinzipien ist sowohl für die Unterrichtsplanung (inkl. Aufgabenkonstruktion und Planung von Experimenten) als auch für die Unterrichtsdurchführung

(inkl. Gesprächsführungstechniken) relevant. Die empirischen Hintergründe aus zahlreichen qualitativen und quantitativen Studien sind etwa bei Erath, Ingram, Moschkovich und Prediger (2021) für Mathematik zusammengestellt, auf Forschungslücken für andere Fächer verweisen Becker-Mrotzek, Höfler und Woerfel (2021).

#### **4.1 Reichhaltige Diskursanregungen**

Gemäß dem Prinzip der reichhaltigen Diskursanregungen können Lernende die jeweils fachlich relevanten Sprachhandlungen nur lernen, wenn sie im Unterrichtskontext immer wieder dazu angeregt werden, sie zu vollziehen (Walqui & Bunch, 2019; Moschkovich, 2015; Erath et al., 2021). Das Prinzip verfeinert die klassische Forderung nach „pushed output“ (also der Anregung häufiger Sprachproduktionen bei Lernenden; Swain, 1995) um eine Betrachtung der Qualitäten der jeweiligen Sprachproduktionen: Ein diskursiv anregungsreicher Unterricht konzentriert sich nicht auf das Benennen von Fachwörtern, sondern auf diskursiv anspruchsvolle Sprachhandlungen. Während beispielsweise das Benennen von Objekten und das Erzählen von Erlebnissen bereits im Vorschul- und Grundschulalter möglich sind, gelten die Sprachhandlungen des Beschreibens von allgemeinen Zusammenhängen, des Erklärens von Bedeutungen oder des Argumentierens als diskursiv anspruchsvoll (Quasthoff et al., 2021). Das Prinzip der reichhaltigen Diskursanregung umfasst auch die Unterstützung der Lernenden bei der Ausführung von Sprachhandlungen durch geeignete Impulse und Materialien (Scaffolds, vgl. Abschnitt 4.3), wobei eine Kombination von Einfordern und Unterstützen der Sprachhandlungen am günstigsten ist (Quasthoff et al., 2021).

Umgesetzt wird das Prinzip durch geeignete Aufgabenstellungen, Schreibaufträge, Gesprächsanlässe, Kommunikationssettings mit den jeweils passenden schriftlichen Prompts (z.B. Formulierungshilfen) und Impulsen für die Gesprächsführung. So finden sich bei Leisen (2013) unterstützende Materialien und Lernhilfen, wie z.B. Wortlisten (Nomen mit Artikel und Pluralendungen), Wortfelder, Wortgeländer, Bildsequenzen, Filmleisten, Mind-Maps, Bildergeschichten oder Begriffsnetze.

#### **4.2 Darstellungs- und Sprachebenenvernetzung**

Das traditionelle Prinzip des Darstellungswechsels besagt, dass die Bedeutungskonstruktion für abstrakte Konzepte sich in dem Wechsel zwischen vielfältigen Darstellungen am besten vollzieht. Je nach Fach und Altersstufe geht es dabei um den Wechsel zwischen gegenständlichen, bildlichen, kontextuellen, verbalen, tabellarischen und symbolischen Darstellungen. Da empirische Befunde immer wieder gezeigt haben, dass das Nebeneinander von Darstellungen nicht zwangsläufig zu lernförderlichen mentalen Verknüpfungen führt, sollten die Darstellun-

gen durch explizite Verbalisierung der Zusammenhänge *auch aktiv vernetzt* werden (Duval, 2006), z. B. durch Aufträge wie „Welche Aufgaben und welche Beschreibung gehören zu diesem Zahlenstrahlbild?“ oder „Lisa hat dies gesagt, Paul hat so gezeichnet, wie hängt beides zusammen?“

Im sprachbildenden Fachunterricht wird das Prinzip nun erweitert auf die verschiedenen Sprachebenen der Alltagssprache, Bildungssprache und Fachsprache (Leisen, 2013; Prediger & Wessel, 2018) oder unterschiedliche Sprachen, z. B. „ein Dreieck heißt auf Englisch Triangle (also Drei-Winkel) und ein Viereck auf Norwegisch Firkant (also Vier-Kant). Ist es eigentlich IMMER egal, ob man Ecken, Winkel oder Kanten zählt, meinen die immer dasselbe? Wer weiß, wie die Figuren in anderen Sprachen heißen? Was genau bedeutet das?“ (Prediger, 2020, S. 109) Wie das Beispiel zeigt, lassen sich unter dieses Prinzip auch Ansätze subsumieren, die Verknüpfungen zu Herkunftssprachen mehrsprachiger Lernender ziehen (vgl. Creese & Blackledge, 2010). Empirische Analysen konnten zeigen, dass der Vergleich von Ausdrücken in vielen Sprachen Potentiale für die Vertiefung konzeptuellen Verständnisses bietet, selbst wenn nicht alle Lernenden alle Herkunftssprachen verstehen (Übersicht in Erath et al., 2021).

Für die Vernetzung von Darstellungs- und Sprachebenen reicht ein bloßes Nebeneinanderstellen nicht aus; stattdessen sollte eine entsprechende Vernetzung aktiv angeleitet werden (Prediger, 2020). Auch die Verknüpfung von bedeutungsbezogener Denksprache mit formalen Begriffen oder symbolischen Darstellungen (vgl. Abb. 1) können gezielte (mündliche oder schriftliche) Arbeitsaufträge anregen, z. B. „Übersetze diesen Zeitungstext in die innermathematische Sprache“ oder „Wie sieht man in der Tabelle, ob ‚je schwerer, desto schneller‘ wirklich stimmt?“

### 4.3 Makro- und Micro-Scaffolding

Das Prinzip des Scaffolding nach Gibbons (2002) betrifft die systematische Unterstützung des Erwerbs sprachlicher Mittel im fachlichen Kontext, wobei Makro- und Micro-Scaffolding unterschieden werden.

Das Prinzip des Makro-Scaffolding bezieht sich auf die integrierte Planung von sprachlichen und fachlichen Lernzielen und -aktivitäten, wobei die sprachlichen Kompetenzen und das entsprechende Konzeptwissen der Lernenden explizit berücksichtigt werden. Micro-Scaffolding bezieht sich auf das Interaktionsverhalten der Lehrkräfte und die lokale Unterstützung von Lernenden im Unterricht. In einer Bedarfsanalyse werden zunächst die curricularen Inhalte und Zielsetzungen in den Blick genommen, welche systematisch auf die sprachlichen Anforderungen und Hürden geprüft werden. Danach wird eine Lernstandsanalyse durchgeführt, bei der entsprechende sprachliche und fachliche Kompetenzen der Lernenden erfasst werden. Dazu eignen sich gezielte Beobachtungen der mündlichen Kommunikation und die Analyse schriftlicher Aufgabebearbeitungen der Lernenden. Nun findet die Planung der Lernschritte in Verschränkung von

fachlichen und sprachlichen Lernzielen statt, wobei Lernpfade (auch: Lernprogressionen) über mehrere Sprachebenen hinweg konzipiert werden (Gibbons, 2002). Wenn beispielsweise das Fachkonzept Bruch mit dem Anteil vom Ganzen verknüpft werden soll, müssen die Lernenden zunächst Gelegenheit haben, ein Verständnis aufzubauen, was Anteile sind, indem sie diese bedeutungsbezogene Denksprache an ihre Alltagssprache anknüpfen. So ergibt sich ein sprachlicher Lernpfad, der eng verknüpft mit dem fachlichen Lernpfad ist. Dieser wird wiederum so konzeptualisiert, dass die intuitiven Vorerfahrungen der Lernenden in konkreten Anschauungskontexten einbezogen werden. Auf diese Weise wird ein Unterricht geplant, in dem Lernende sprachliche Kompetenzen gemeinsam mit den fachlichen Konzepten auf- und ausbauen, an die schließlich auch Rechenfertigkeiten angeknüpft werden können. Die entsprechenden Sprachhandlungen und Sprachmittel bilden den dazu passenden sprachlichen Lernpfad ab (Pöhler & Prediger, 2015 für Mathematikunterricht; Schmiedebach & Wegner, 2018 für Naturwissenschaftsunterricht).

Tabelle 2: Sprachfördertechniken im Projekt ProSach (vgl. Gabler et al., 2020b)

<b>Input</b>	<b>Fokussierung</b>	<b>Fragen</b>	<b>Feedback</b>
Sprachvorbild sein	Aufmerksamkeit auf Begriffe und Phrasen lenken	Sprachförderliche, unterstützende Fragen stellen	Korrigieren und erweitern
- kontrollierter Input	- mündliche Hinweise	- offene Fragen	- inhaltlich und syntaktisch
- handlungsbegleitendes Sprechen	- verständnisunterstützende Materialien	- Fragen mit explizit sprachlichem Fokus	- bildungssprachliche Umformulierungen

In Ergänzung zum Makro-*Scaffolding* setzt das Mikro-*Scaffolding* auf der Ebene der Unterrichtsgestaltung an und fokussiert insbesondere sog. Sprachfördertechniken der Lehrkraft (vgl. Tabelle 2). Auf verbaler Ebene betreffen diese beispielsweise die Inputtechniken, Fokussierungstechniken, Fragetechniken und Feedbacktechniken (ausführlich Gabler et al. 2020b und im Forschungsüberblick Erath et al., 2021).

So wird bei Fokussierungstechniken die Aufmerksamkeit der Lernenden auf die Verwendung von Zielwortschatz gelenkt, wobei mündliche oder schriftliche Hinweise und Formulierungshilfen verwendet werden, z.B. „Findest du hierzu noch das passende Wort aus dem Forschungskreislauf?“ Feedbacktechniken werden eingesetzt, um Äußerungen zu bestätigen, zu korrigieren oder zu erweitern. Bei einer Erweiterung agiert die Lehrkraft zudem als sprachliches Vorbild, z.B. Schüler: „Das Metallstück bleibt am Magneten kleben“, Lehrkraft: „Du vermutest also, dass der Magnet das Metallstück anzieht. Du meinst, das Metallstück ist magnetisch.“ Durch den Einsatz von Sprachförderstrategien kann eine begriffliche

Präzisierung und konzeptuelle Umstrukturierung bei Lernenden im Fachkontext angebahnt werden.

#### 4.4 Wirksamkeit von sprachbildendem Fachunterricht

Kempert et al. (2019) und Erath et al. (2021) fassen die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen sprachlichen Kompetenzen von Lernenden, der Verwendung sprachlicher Unterstützungsmaßnahmen bzw. sprachbildender Förderansätze und der Entwicklung von fachlichen Kompetenzen zusammen. Zum einen zeigen Längsschnittstudien (ohne gezielte Interventionen) die Bedeutung sprachlicher Kompetenzen der Lernenden für den Aufbau von Konzepten in unterschiedlichen Fächern; dabei wird Sprachkompetenz nicht nur als Lesekompetenz erfasst, sondern auch durch Wortschatzkenntnisse, Grammatikverständnis und mündliche Fertigkeiten in Erst- und Zweitsprache (z. B. Edele, Kempert & Stanat, 2020).

Auch Interventionsstudien zeigen die Bedeutung von sprachbildenden Maßnahmen im Fachunterricht für unterschiedliche Altersgruppen und Bildungsinhalte (vgl. Review von Erath et al., 2021). Guo, Wang, Hall, Breit-Smith und Busch (2016) zeigten in einer Metanalyse einen insgesamt mittleren Effekt von naturwissenschaftlichem Unterricht für den Wortschatzzuwachs. Die Effekte spezifischer sprachbildender Interventionen wurden beispielsweise von Leuchter und Saalbach (2014) erforscht. Sie fanden einen Zusammenhang zwischen der domänenspezifischen Sprachverwendung von Lehrkräften und dem Konzeptaufbau von Vor- und Grundschulkindern im Inhaltsbereich „Schwimmen und Sinken“. Gezeigt wurde auch, dass mathematische bzw. naturwissenschaftliche Lernumgebungen, die sprachlich angereicherten Input beinhalteten, das Konzeptwissen sowie das sprachliche Begriffswissen von Kindern und Jugendlichen befördern können (Hardy, Sauer & Saalbach, 2019; Prediger & Wessel, 2018). Allerdings zeigt die begrenzte Zahl existierender Interventionsstudien (vgl. Überblicke in Guo et al., 2016; Erath et al., 2021) den weiteren Forschungsbedarf, um die Konzeptualisierung sprachbildender Maßnahmen, der spezifischen Wirkung einzelner Prinzipien und Gestaltungselemente und weitere mögliche Zielvariablen genauer auszudifferenzieren.

#### Literatur

- Becker-Mrotzek, M., Höfler, M. & Woerfel, T. (2021). Sprachsensibel unterrichten – in allen Fächern und für alle Lernenden. *Swiss Journal of Educational Research*, 43(2), 250–259. <https://doi.org/10.24452/sjer.43.2.5>
- Creese, A. & Blackledge, A. (2010). Translanguaging in the bilingual classroom: A pedagogy for learning and teaching? *The Modern Language Journal*, 94(1), 103–115. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4781.2009.00986.x>

- Dalton-Puffer, C. (2013). A construct of cognitive discourse functions for conceptualising content-language integration in CLIL and multilingual education. *European Journal of Applied Linguistics*, 1(2), 216–253. <https://doi.org/10.1515/eujal-2013-0011>
- de Araujo, Z. & Smith, E. (2022). Examining English language learners' learning needs through the lens of algebra curriculum materials. *Educational Studies in Mathematics*, 109(1), 65–88. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10081-w>
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1–2), 103–131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>
- Edele, A., Kempert, S. & Stanat, P. (2020). Mehrsprachigkeit und Bildungserfolg. In I. Gogolin, A. Hansen, S. McMonagle & D. Rauch (Hrsg.), *Handbuch Mehrsprachigkeit und Bildung* (S. 151–155). Springer: Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-20285-9\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-658-20285-9_22)
- Enzenbach, C., Krabbe, H. & Fischer, H. (2019). Textsortenfähigkeiten und fachliches Verständnis beim Schreiben im Physikunterricht. In H. Roll, M. Bernhardt, C. Enzenbach, H. E. Fischer, E. Gürsoy, H. Krabbe, M. Lang, S. Manzel & I. Uluçam-Wegmann (Hrsg.), *Schreiben im Fachunterricht der Sekundarstufe I unter Einbeziehung des Türkischen* (S. 173–194). Münster: Waxmann.
- Erath, K., Ingram, J., Moschkovich, J. & Prediger, S. (2021). Designing and enacting instruction that enhances language for mathematics learning – A review of the state of development and research. *ZDM – Mathematics Education*, 53(2), 245–262. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01213-2>
- Gabler, K., Mannel, S., Hardy, I., Henschel, S., Heppt, B., Hettmannsperger-Lippolt, Sontag, C. & Stanat, P. (2020a). Fachintegrierte Sprachförderung im Sachunterricht der Grundschule: Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines Fortbildungskonzepts auf der Grundlage des Scaffolding-Ansatzes. In C. Titz, S. Weber, H. Wagner, A. Ropeter, S. Geyer & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Sprach- und Schriftsprachförderung wirksam gestalten. Bildung durch Sprache und Schrift* (S. 59–83). Stuttgart: Kohlhammer.
- Gabler, K., Heppt, B., Henschel, S., Hardy, I., Sontag, C., Mannel, S., Hettmannsperger-Lippolt, R. & Stanat, P. (2020b). *Fachintegrierte Sprachbildung in der Grundschule. Überblick und Beispiele aus dem Sachunterricht*. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin.
- Gadow, A. (2016). *Bildungssprache im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Beschreiben und Erklären von Kindern mit deutscher und anderer Familiensprache*. Berlin: ESV. <https://doi.org/10.37307/b.978-3-503-16763-0>
- Geist, B., Lange-Schubert, K. & Dietze, S. (2017). Bildungssprachliche Merkmale im Sachunterricht der Grundschule: Theoretische und empirische Annäherungen. In E. Tschirner, J. Möhring & K. Cothrun (Hrsg.), *Deutsch als zweite Bildungssprache in MINT-Fächern* (S. 13–54). Tübingen: Stauffenburg.
- Gibbons, P. (2002). *Scaffolding Language, Scaffolding Learning. Teaching Second Language Learners in the Mainstream Classroom*. Portsmouth: Heinemann.
- Goetze, D. & Baiker, A. (2021). Language-responsive support for multiplicative thinking as unitizing: Results of an intervention study in the second grade. *ZDM – Mathematics Education*, 53(2), 263–275. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01206-1>
- Guo, Y., Wang, S., Hall, A., Breit-Smith, A. & Busch, J. (2016). The Effects of Science Instruction on Young Children's Vocabulary Learning: A Research Synthesis. *Early Childhood Education Journal*, 44, 359–367. <https://doi.org/10.1007/s10643-015-0721-6>

- Hardy, I., Saalbach, H., Leuchter, M. & Schalk, L. (2020). Preschoolers' Induction of the Concept of Material Kind to Make Predictions. *Frontiers in Psychology, 11*, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.531503>
- Hardy, I., Sauer, S. & Saalbach, H. (2019). Frühe sprachliche Bildung im Kontext Naturwissenschaften: Effekte einer Intervention im Kindergarten. *Psychologie in Erziehung und Unterricht, 66*(3), 196–216.
- Heppt, B., Henschel, S., Hettmannsperger-Lippolt, R., Sontag, C., Gabler, K., Hardy, I., Stanat, P. & Mannel, S. (2020). Erfassung und Bedeutung des Fachwortschatzes im Sachunterricht der Grundschule. In C. Titz, S. Geyer, A. Ropeter, H. Wagner & S. Weber (Hrsg.), *Sprach- und Schriftsprachförderung wirksam gestalten* (S. 84–109). Stuttgart: Kohlhammer.
- Kempert, S., Schalk, L. & Saalbach, H. (2019). Übersichtsartikel: Sprache als Werkzeug des Lernens: Ein Überblick zu den kommunikativen und kognitiven Funktionen der Sprache und deren Bedeutung für den fachlichen Wissenserwerb. *Psychologie in Erziehung und Unterricht, 66*(3), 176–195. <https://doi.org/10.2378/PEU2018.art19d>
- Leisen, J. (2013). *Handbuch Sprachförderung im Fach – Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. Stuttgart: Klett-Sprachen.
- Leuchter, M. & Hardy, I. (2021). Kognitive Prozesse als Grundlage des wissenschaftlichen Denkens und Argumentierens im frühen und mittleren Kindesalter. *Unterrichtswissenschaft, 49*, 17–30. <https://doi.org/10.1007/s42010-021-00095-x>
- Leuchter, M. & Saalbach, H. (2014). Verbale Unterstützungsmaßnahmen im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Lernangebots in Kindergarten und Grundschule. *Unterrichtswissenschaft, 42*(2), 117–131.
- MSWWF – Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (1999). *Förderung in der deutschen Sprache als Aufgabe des Unterrichts in allen Fächern. Empfehlungen*. Frechen: Ritterbach.
- Moschkovich, J. (2015). Academic literacy in mathematics for English Learners. *The Journal of Mathematical Behavior, 40*, 43–62. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2015.01.005>
- Namy, L. & Gentner, D. (2002). Making a silk purse out of two sow's ears: Young children's use of comparison in category learning. *Journal of Experimental Psychology, 131*(1), 5–15. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.131.1.5>
- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching 41*(10), 994–1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Paetsch, J., Felbrich, A., & Stanat, P. (2015). Der Zusammenhang von sprachlichen und mathematischen Kompetenzen bei Kindern mit Deutsch als Zweitsprache. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 29*(1), 19–29. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000142>
- Pöhler, B. & Prediger, S. (2015). Intertwining lexical and conceptual learning trajectories – A design research study on dual macro-scaffolding towards percentages. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 11*(6), 1697–1722. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1497a>
- Prediger, S. (2020). *Sprachbildender Mathematikunterricht in der Sekundarstufe – ein forschungsbasiertes Praxisbuch*. Berlin: Cornelsen.
- Prediger, S. & Wessel, L. (2018). Brauchen mehrsprachige Jugendliche eine andere fach- und sprachintegrierte Förderung als einsprachige? Differentielle Analysen zur Wirksamkeit zweier Interventionen in Mathematik. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 21*(2), 361–382. <https://doi.org/10.1007/s11618-017-0785-8>
- Prediger, S., Wilhelm, N., Büchter, A., Gürsoy, E. & Benholz, C. (2015). Sprachkompetenz und Mathematikleistung – Empirische Untersuchung sprachlich bedingter Hürden in

- den Zentralen Prüfungen 10. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(1), 77–104. <https://doi.org/10.1007/s13138-015-0074-0>
- Quasthoff, U., Morek, M. & Heller, V. (Hrsg.). (2021). *Diskurserwerb in Familie, Peer-group und Unterricht: Passungen und Teilhabechancen*. Berlin: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110707168>
- Schmiedeback, M. & Wegner, C. (2018). Von der Handlungs- zur Bildungssprache. Beschulung neuzugewanderter Schüler\* innen. *Zeitschrift für Interkulturellen Fremdsprachenunterricht*, 23(1), 53–70.
- Siegler, R., DeLoache, J. & Eisenberg, N. (2011). *Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter*. Heidelberg: Springer.
- Swain, M. (1995). Three functions of output in second language learning. In G. Cook & B. Seidlhofer (Hrsg.), *Principle and practice in applied linguistics: Studies in honour of H. G. Widdowson* (S. 125–144). Oxford: Oxford University Press.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT.
- Walqui, A. & Bunch, G. C. (Hrsg.). (2019). *Amplifying the curriculum: Designing quality learning opportunities for English learners*. New York: Teachers College.