

WORTSCHATZARBEIT IM MATHEMATIKUNTERRICHT

Mike Reblin

1 Bedeutung



der Wortschatzarbeit im Mathematikunterricht

1.1 Einbindung von Texten und Kontexten in den Unterricht

Das Schulfach Mathematik scheint prädestiniert dafür zu sein, mit besonders wenigen Worten oder gar vollständig ohne Texte auszukommen. Tatsächlich ist es durchaus möglich, dass sich Lernende eine ganze Unterrichtsstunde mit Mathematik auseinandersetzen und dazu weniger als zwanzig Worte lesen oder schreiben müssen. Mitunter sind selbst diese wenigen Worte nur Arbeitsaufforderungen wie: „Löse die nachfolgenden Gleichungen.“ Wie groß der Anteil derartig spracharmer Unterrichtsabschnitte ist, unterliegt auch dem Einfluss der Lehrkraft. Zweifellos müssen im Mathematikunterricht Rechenverfahren und Algorithmen thematisiert und geübt werden, dabei tritt die Sprache zeitweilig in den Hintergrund. Problematisch wird es, wenn Spracharmut und Textvermeidung zum durchgehenden Unterrichtsprinzip werden. Dies geht mitunter auch einher mit einem bestimmten Lehrmuster: Präsentation eines Inhaltes durch die Lehrkraft, üben des Gelernten durch die Schülerinnen und Schüler, weitere Inhalte, weitere Übungen und am Ende, quasi als rückwirkende Legitimation der Inhalte, einige „Textaufgaben“.

Dabei werden nicht nur fast alle prozessorientierten Kompetenzen vernachlässigt, sondern auch Möglichkeiten verschenkt, die Mathematik in die Erlebens- und Alltagswelt der Lernenden einzubinden. Die Frage: „Wozu brauchen wir denn das?“, hat wohl jede Lehrkraft schon mehr als einmal gehört. Von einer erfolgreichen Beantwortung kann die Lernmotivation der Schülerinnen und Schüler abhängen. Deshalb ist es nötig, schon bei der Planung einer Unterrichtseinheit nach Kontexten zu suchen, in denen die vorgesehenen Inhalte von Bedeutung sind. Zur Darstellung dieser Kontexte werden Texte notwendig. Diese Texte sollten alters- und lerngruppengerecht sein. Dass darin auch Worte auftauchen, die den Kindern noch unbekannt sind, ist normal. Mögliche Verständnisprobleme sollten uns Lehrkräften bewusst sein, so dass wir darauf eingehen können.

Ein guter Text, mit interessantem Kontext, verständlich und sprachlich korrekt, bringt oft auch eine gute Motivation auf Seiten der Lernenden mit sich und leistet wertvolle Beiträge zur Verbesserung des Allgemeinwortschatzes der Schülerinnen und Schüler. Ein Beispiel ist in Kapitel 3 dargestellt („Rechnen mit direkter Proportionalität“).

Mit Texten können Probleme anschaulich gemacht und mathematische Inhalte motiviert werden. Sie sind aber auch nützlich, wenn Lernende aufgefordert werden, mittels eigener Texte Überlegungen darzustellen. Die Verschriftlichung von Ideen erzwingt eine Verlangsamung des Denkens, Gedanken werden tiefgründiger und Beziehungen deutlicher. Durch Aufforderungen wie „Beschreibe dein Vorgehen“ oder „Stelle deine Überlegungen dar“ werden Lernende in die Situation gebracht, ihre erste spontane Idee mit Argumenten belegen und sie dabei eventuell auch anzweifeln zu müssen. Solche Arbeitsaufträge heißen in der didaktischen Literatur *Lernjournale*, *Reisebücher* oder *Lerntagebücher*.¹

Um Texte im Mathematikunterricht erfolgreich nutzen zu können, ist die Entwicklung der Sprachkompetenz erforderlich – sowohl auf Seiten der Lernenden als auch auf der der Lehrenden. Wobei mit Sprachkompetenz der Lehrenden nicht deren linguistische Fähigkeiten gemeint sind, sondern eine professionelle Sensibilität gegenüber sprachlichen Problemen.

1.2 Fachbegriffe im Mathematikunterricht

Die Darstellung von mathematischen Problemen und die Beschreibung von Problemlöseprozessen gelingen nur dann mit ausreichender Präzision, wenn Lehrende und Lernende auf ein gemeinsames Repertoire an Fachbegriffen zurückgreifen können. Dieses Repertoire muss gezielt entwickelt werden. Eine Grunderfahrung des Mathematikunterrichtes ist, „mathematische Gegenstände und Sachverhalte, repräsentiert in Sprache, Symbolen, Bildern und Formen, als geistige Schöpfungen, als eine deduktiv geordnete Welt eigener Art kennen zu lernen und zu begreifen“ (nach Heinrich Winter, drei Grunderfahrungen des Mathematikunterrichtes)². Um Zugang zur Welt der Mathematik zu erhalten, ist ein Bekanntmachen mit der Sprache der Mathematik unverzichtbar. Sicher können wir Lehrkräfte uns auch unter Umgehung von Fachbegriffen in einer Lerngruppe verständlich machen, statt *Zähler* und *Nenner* könnten wir *oben* und *unten*, statt *Argument* könnten wir *x-Wert* sagen. Schülerinnen und Schüler würden dies sogar begrüßen und die Kommunikation wäre scheinbar erleichtert. Doch gilt dies nur für den Augenblick, denn auf lange Sicht wird mathematische Kommunikation dadurch erschwert. Fehlende Begriffskennntnis führt dazu, dass Lehrbücher nicht verstanden, die Kommunikation mit künftigen Lehrkräften und ein Weiterlernen nach der Schule erschwert werden. Selbst die Anfrage an eine Suchmaschine im Internet verlangt die Kenntnis notwendiger Fachbegriffe.

Dem gegenüber ist aber mitunter ein Verzicht auf bestimmte Fachbegriffe in Lerngruppen notwendig. Beispiel: Die Gleichung $2 \cdot x + 6 = (x + 3) \cdot 2$ ist eine *Tautologie*. In einer Schulklasse, deren Bildungsziel die Berufsbildungsreife ist, kann man auf diesen Begriff verzichten. In einer Schulklasse mit dem Ziel der Begabtenförderung kann man ihn jedoch problemlos verwenden. Bei der Nutzung von Fachbegriffen ist ein gezieltes Abwägen ratsam. Eine Überfrachtung des Unterrichtes mit Fachbegriffen kann auch zu einer Überforderung führen und dadurch Kommunikationserfolge verhindern. Das Abwägen der Sinnhaftigkeit bestimmter Fachbegriffe für eine Lerngruppe sollte Bestandteil der Überlegungen von Lehrkräften im Rahmen ihrer Unterrichtsvorbereitung sein. Weitere Beispiele für abzuwägende Fachbegriffe sind u. a. *Diskriminante*, *äquivalent*, *Radikand*, *Numerus*, *Polygon* ...

1 Vgl. Gallin/Urs 1998

2 Vgl. Winter 1995

Fällt die Entscheidung zugunsten des Fachbegriffes, dann müssen Überlegungen angestellt werden, wie Begriffssicherheit erreicht werden soll. Einzelne Begriffe lassen sich mitunter im Verlauf des Unterrichts ohne zusätzlichen Aufwand prägen. Der Begriff wird an der notwendigen Stelle genannt, seine Bedeutung im Unterrichtsgespräch geklärt, er wird ggf. notiert und ab diesem Zeitpunkt häufig verwendet. Erstrebenswert ist eine Anknüpfung des neuen Begriffes an schon bekannte Worte. Mitunter sind Begriffe jedoch schwieriger zu erfassen und zu merken oder es ist notwendig, eine Vielzahl von Fachbegriffen innerhalb kurzer Zeit neu einzuführen. Diese Situation tritt häufig am Anfang der Bearbeitung eines neuen Themengebiets auf. Dann muss in Betracht gezogen werden, Übungen zur Verwendung dieser neuen Begriffe durchzuführen. Mit dieser bewussten Arbeit am Fachwortschatz beschäftigt sich das Kapitel 2.

1.3 Allgemeinwortschatz im Mathematikunterricht

Nicht nur unzureichend ausgeprägte Kompetenz in Bezug auf mathematische Fachbegriffe kann eine Lern- oder Leistungsbarriere darstellen. Auch Probleme mit der allgemeinen Sprache wirken sich aus. Mangelnde allgemeinsprachliche Kompetenz führt dazu, dass Verständigungsprobleme auftreten, sogar Verwirrung oder Unmut entstehen, Aufgabenstellungen nicht richtig erfasst werden und eine zielführende Bearbeitung damit zumindest erschwert wird. Natürlich ist es Aufgabe der Schule, allgemeinsprachliche Kompetenz zu entwickeln. Diese Entwicklung ist jedoch ein Prozess, der über mehrere Niveaustufen verläuft. Bei der Formulierung von Aufgabenstellungen im Mathematikunterricht muss das aktuelle Sprachniveau der Lerngruppe oder, im Sinne von Inklusion, sogar der einzelnen Lernenden berücksichtigt werden. Das gilt im besonderen Maße für schriftliche Lern- und Leistungsaufgaben, aber auch für mündliche Fragestellungen, Impulse, Erläuterungen etc.

Aus Sicht des Aufgabenstellers, der nach erfolgreichem Abschluss von Schule und Studium über eine hohe Sprachkompetenz verfügt, sind seine Formulierungen in der Regel genau richtig – sie enthalten alles Wesentliche, sind eindeutig und grammatisch korrekt. Für Schülerinnen und Schüler können sie dennoch problematisch sein. Verständnisprobleme entstehen u. a. durch:

- » Verwendung von Fremdwörtern (z. B. *Reduzierung, Existenz, Design*),
- » Verwendung von Begriffen, die nicht in Berührung mit der Lebensumwelt bzw. dem Alltag der Lernenden stehen (z. B. *Giebel, Feldrain, Lore, Querlenker, Stollen*),
- » lange, zusammengesetzte Wörter [Komposita] (z. B. *Kredittilgungsrate*)
- » Satzlängen (z. B. „*Zeichne ein Quadrat von 5 cm Seitenlänge, schneide es aus, zerlege es in zwei oder vier Dreiecke und setze sie zu einem großen Dreieck zusammen.*“) Lange Sätze bestehen oft aus mehreren Haupt- und Nebensätzen, die anstatt des Objektes ein Pronomen enthalten, das sich auf ein vorheriges Objekt im Satz bezieht. Das ist für Schülerinnen und Schüler mit noch gering ausgeprägter Sprachkompetenz schwierig zu dechiffrieren, insbesondere bei „Schachtelsätzen“ oder nachgeschobenen Erklärungen bzw. bei Umschreibungen.
- » häufige Genitivverwendung (z. B. *Schnittpunkt der Mittelsenkrechten der Grundkanten des Tetraeders*),
- » Verschleierung logischer Zusammenhänge durch Umstellung von Satzgliedern, z. B. bei Implikationen (am besten ist immer die klassische „Wenn ..., dann ...“-Satzstruktur),

- » Verwendung von Synonymen, die Texte zwar sprachlich interessanter machen, aber häufig verwirren, weil nicht klar ist, ob mit dem Synonym dasselbe oder doch etwas anderes gemeint ist,
- » extrem knappe, redundanzfreie Formulierungen, bei denen es auf jedes einzelne Wort ankommt und man leicht etwas Wichtiges überliest bzw. überhört,
- » Verwendung des „mathematischen Konjunktivs“ („Sei f eine Funktion mit ...“),
- » nachgeschobene Zusatzinformationen oder Randbedingungen, die eigentlich zu den voranzustellenden Voraussetzungen einer Aufgabe gehören,
- » Mischungen aus Sprache und Symbolketten so, dass ein Teil der Symbole als Satzglied zu lesen ist (z. B. „Eine Nullstelle liegt vor, wenn $f(x) = 0$ ist.“ Sprachlich besser: „Eine Nullstelle liegt dann vor, wenn gilt: $f(x) = 0$.)
- » Partizipialkonstruktionen (z. B. *die das Dreieck halbierende Gerade*).

Auch verwenden Fachlehrkräfte routinemäßig fachspezifische Kollokationen. Das sind häufig gemeinsam auftretende Worte, die in ihrem Zusammenwirken mitunter eine spezielle Bedeutung haben, z. B.: *eine Höhe konstruieren, eine Gleichung auflösen*. Die Problematik aus Sicht des unkundigen Lesers besteht darin, dass die einzelnen Worte eine andere Bedeutung haben als ihre Kollokation.

Weitere Beispiele aus dem Artikel „Wortschatzarbeit ...“ von Tanja Tajmel³:

Kollokation	Umschreibung
einen Mittelwert <i>bilden</i>	Ein Mittelwert wird ausgerechnet.
Geraden <i>laufen zueinander parallel</i>	Zwei Geraden sind parallel.
eine Gerade <i>schneiden</i>	Eine Gerade wird mit einer anderen Linie gekreuzt.
von der Zeit <i>abhängen</i>	Eine Größe verändert sich mit der Zeit.
eine Zahl <i>einsetzen</i>	In einer Gleichung wird eine bestimmte Zahl anstelle einer Variablen verwendet.
eine Zahl <i>herausheben</i>	Eine Zahl wird als eigener Faktor mit einem mathematischen Ausdruck, der durch diese Zahl gebrochen wurde, multipliziert.
eine Gleichung <i>aufstellen</i>	Für einen mathematischen Zusammenhang wird eine Gleichung niedergeschrieben, die diesen Zusammenhang in eindeutiger Weise ausdrückt. (Neue Kollokation: <i>Zusammenhang ausdrücken</i>)
eine Gleichung <i>auflösen</i>	Eine Gleichung wird so umgeformt, dass auf der einen Seite nur x steht. (Neue Kollokation: <i>Gleichung umformen</i>) <i>Oder</i> Eine Gleichung wird so ausgerechnet, dass auf der einen Seite nur x steht. (Verständlicher, aber mathematisch nicht exakt.)

3 Tajmel 2011

In einigen Situationen muss damit gerechnet werden, dass unterschiedliche Sprachniveaus zum Problem werden können. Dazu gehören Prüfungen und Vergleichsarbeiten sowie die Verwendung von Materialien und Aufgabenstellungen, die ursprünglich für andere Bildungsgänge oder Jahrgangsstufen konzipiert waren. Auch für Schülerinnen und Schüler mit Deutsch als Zweitsprache muss die Sprachproblematik Bestandteil pädagogischer und methodischer Überlegungen sein.

2 Möglichkeiten



des Aufbaus eines Fachwortschatzes

2.1 Bewusste Arbeit am Fachwortschatz

Josef Leisen, der bereits vielfach zum Thema Sprachförderung in der Schule publizierte, charakterisiert Wortschatzarbeit durch folgende *Leitlinien*⁴:

- » führt neue Begriffe und Sprachstrukturen nicht isoliert ein,
- » semantisiert im fachlich relevanten Kontext,
- » verwendet und grenzt neue Begriffe und Sprachstrukturen in bekannten Wortfeldern ab,
- » führt neue Begriffe und Sprachstrukturen über mehrere Stufen sprachlicher Fassungen ein,
- » liegt knapp über dem jeweiligen Entwicklungsstand der Lernenden,
- » führt zu relevanten mündlichen und schriftlichen Äußerungen,
- » verbindet sprachliche Unterweisung und interaktives, kommunikatives Handeln,
- » vermeidet mechanischen Sprachgebrauch,
- » fördert das Sprachbewusstsein.

Leisen⁵ gibt zudem folgende *methodische Anregungen* zur Wortschatzarbeit:

- » Begriffe nicht fragend erarbeiten, sondern im Gebrauch einführen,
- » verschiedenste Darstellungsformen nutzen,
- » Wortschatzarbeit mit Methoden-Werkzeugen methodisch abwechslungsreich gestalten,
- » eine überformende Fehlerkorrektur bevorzugen,
- » Wortschatz im Verwendungszusammenhang üben.

4 Leiser 2007

5 Ebenda

Claudio Nodari und Cornelia Steinemann beschreiben fünf Phasen der Wortschatzarbeit⁶, die sich durchaus auf die Erarbeitung eines Fachwortschatzes übertragen lassen, was die im Kapitel 3 angefügten Beispiele verdeutlichen sollen.

Phasen	Beschreibung
Wörter und Formulierungen kontextbezogen einführen	Damit neue Wörter und Formulierungen im Gedächtnis schnell abrufbar werden, müssen sie in möglichst verschiedenen Kontexten (z. B. Texte, Bilder, Zeichnungen, Grafiken, Simulationen) eingeführt und angewandt werden, denn die Bedeutung vieler Wörter erschließt sich erst aus dem Satz-, Situations- oder Handlungskontext.
Wörter und Formulierungen üben	Es ist wichtig, Lernsituationen zu schaffen, in denen die Schülerinnen und Schüler die neuen Wörter und Formulierungen üben können. Man ermöglicht somit das wiederholte Abrufen der Wörter, dass diese reproduziert, deren Bedeutungen zunehmend genauer erfasst und formuliert werden können. Dabei werden die Vernetzungen im Gehirn aktiviert, verstärkt und Wissensnetze erweitert und gefestigt.
Wörter und Formulierungen nutzen	Wörter, die bereits verstanden und mehrfach reproduziert worden sind, können durchaus wieder vergessen werden, wenn sie nicht regelmäßig gebraucht werden. Für den Aufbau eines differenzierten Wortschatzes ist es unabdingbar, Lernende zum selbstständigen Gebrauch der neuen Begriffe und Formulierungen zu führen. Dieses Prinzip der Wiederholung dient der Festigung eines Mitteilungswortschatzes. Aufgaben, die die Anwendung der Wörter und Formulierungen in verschiedenen Kontexten berücksichtigen, intendieren diesen Sachverhalt.
Über Wörter und Formulierungen reflektieren	Um eine Wortschatzanalysekompetenz bei Lernenden zu entwickeln, muss man ihnen ermöglichen, den Wortschatz bewusster wahrzunehmen und Strategien zu entwickeln, mit denen sie scheinbar unbekannte Wörter ohne weitere Hilfe verstehen können. Für das Nachdenken über Wortbedeutungen sollten im Fachunterricht bewusst Phasen geplant werden, die gleichzeitig zur Festigung, Systematisierung und Anwendung genutzt werden können.
Überprüfen	Die Wortschatzarbeit im Fachunterricht sollte verbindlich sein und den Lernenden bewusst gemacht werden. Voraussetzung dafür ist die gründliche Einführung und Reflexion der Wörter und Formulierungen. Im Zusammenhang mit der Überprüfung des entsprechenden Fachwissens sollte auch der fachsprachlich korrekte/angemessene Gebrauch der jeweiligen Wörter und Formulierungen Teil von Lernerfolgskontrollen in den Fächern sein. Die Bearbeitung einer Aufgabe sollte den Lernenden nach der schrittweisen Erarbeitung der Begriffsbedeutungen leichter fallen, weil Sach- und Sprachwissen miteinander verknüpft werden.

6 Nodari/Steinmann 2008

Die bewusste Arbeit am Fachwortschatz soll jedoch keine Ausweitung des Deutschunterrichtes darstellen und sie darf auch nicht zu Lasten der inhaltlichen Arbeit gehen. Dazu schreibt Leisen⁷:

„Wovon wir als Fachlehrer die Finger lassen sollten:

- » von grammatischer Nachhilfe, weil wir davon zu wenig verstehen,
- » von belehrenden Fehlerkorrekturen, weil sie für das Weiterlernen fatal sind,
- » von isolierten Übungen, weil sie nicht in kommunikativen Verwendungssituationen greifen,
- » von einseitigen Methoden, weil sie den vielfältigen Erwerbsprozessen nicht gerecht werden.“

Wortschatzarbeit sollte permanent Bestandteil des Unterrichtes sein. Mitunter ist es jedoch notwendig, sich dieser Arbeit besonders zuzuwenden. In diesem Fall kann man besondere Methoden verwenden, um die Begriffsbildung und die Einübung von Formulierungen zu unterstützen.

- » Eine Möglichkeit ist die Nutzung von Lernkarteikästen. Diese sind dann sinnvoll, wenn eine größere Menge neuer Begriffe und Formulierungen erforderlich ist.
- » Bei einer überschaubaren Menge von Begriffen, die in einem begrenzten Zeitraum besonders intensiv genutzt werden, bietet sich eine Wortschatzliste an. Diese wird, für alle gut lesbar, im Unterrichtsraum ausgestellt und ist für die gesamte Arbeitszeit einsehbar.
- » Arbeitstechniken zum Lesen und zur Systematisierung von Begriffen und Formulierungen und ihren Beziehungen zum Unterrichtsgegenstand machen.
- » Rätsel wirken anspornend und regen zum Umgang mit Begriffen an. Man kann Rätsel lösen (siehe Beispiele in Kapitel 3) oder auch von Schülerinnen und Schülern erstellen lassen.

Soll besonders intensiv an notwendigen Begriffen und Formulierungen gearbeitet werden, kann man auch Methoden der Mnemotechnik verwenden. Eine Methode, die auf dem Prinzip der Loci-Methode aufbaut, ist die „Schrift an der Wand“⁸. Dazu ist es günstig, aber nicht zwingend notwendig, wenn die Klasse immer im selben Raum den Fachunterricht hat oder sogar ein Klassenraum vorhanden ist. Die Begriffe oder „Lernwörter“ werden auf Schilder geschrieben und diese an verschiedenen Stellen des Unterrichtsraumes aufgehängt. Falls notwendig, können kurze Erklärungen mit auf dem Schild untergebracht werden. Unterschiedliche Schildfarben oder -formen bieten zusätzliche visuelle Anker. „Die Lehrerimpulse kennzeichnen die Lernschritte:

1. Merkt euch, wo welches Schild hängt. Ihr habt eine Minute Zeit.
2. Schließt jetzt eure Augen. Wenn ich nun einen Begriff nenne, zeigt ihr dahin, wo ihr das passende Schild in Erinnerung habt. Ihr macht dann die Augen auf und schaut ob ihr Recht habt. Dann kommt der nächste Begriff.“⁹

Dabei wird der Raum als Erinnerungsanker genutzt und die räumliche Intelligenz angesprochen. Die Schilder können einige Unterrichtstage hängen bleiben. Wenn die Begriffe im Unterricht auf-

7 Leisen 2007

8 Vgl. Handke 2008

9 Ebenda

tauchen, wenden die Schülerinnen und Schüler sich den Schildern bei Bedarf zu. Nimmt man die Schilder nach einiger Zeit ab, so kann man beobachten, wie einige Schüler zu der Stelle blicken, wo einst das entsprechende Schild hing. Einige Schülerinnen und Schüler nutzen diese Technik dann auch zu Hause und „tapezieren“ ihr Zimmer oder die Wohnung mit Klebezetteln – durchaus mit beachtlichem Erfolg.

Ein Beispiel für drei Schilder, die im Unterricht genutzt wurden, ist das folgende. Hier sollte eine 6. Klasse die Begriffe Kommutativ-, Assoziativ- und Distributivgesetz lernen, da sie Grundlage der späteren Termumformungen sind.

Deshalb wurden folgende Schilder benutzt:

<p>Kommutativgesetz</p> $3 + 4 = 4 + 3$ $2 \cdot 5 = 5 \cdot 2$	<p>Assoziativgesetz</p> $6 + 4 + 2 = 10 + 2$ $6 + 4 + 2 = 6 + 6$ $3 \cdot 2 \cdot 5 = 6 \cdot 5$ $3 \cdot 2 \cdot 5 = 10 \cdot 3$	<p>Distributivgesetz</p> $8 \cdot (20 + 4) = 8 \cdot 20 + 8 \cdot 4$ $7 \cdot 98 + 7 \cdot 2 = 7 \cdot (98 + 2)$
--	---	---

2.2 Sprache als Bestandteil des Mathematikunterrichts

Die KMK-Bildungsstandards¹⁰ für das Fach Mathematik beschreiben neben den inhaltsbezogenen Kompetenzen auch allgemeine mathematische Kompetenzen. Darin finden sich folgende Anforderungen, die in direktem Bezug zur Sprachkompetenz stehen:

„(K 1) Mathematisch argumentieren

Dazu gehört:

- » Fragen stellen, die für die Mathematik charakteristisch sind („Gibt es ...?“, „Wie verändert sich ...?“, „Ist das immer so ...?“) und Vermutungen begründet äußern,
- » mathematische Argumentationen entwickeln (wie Erläuterungen, Begründungen, Beweise),
- » Lösungswege beschreiben und begründen.

(K 2) Probleme mathematisch lösen

Dazu gehört:

- » vorgegebene und selbst formulierte Probleme bearbeiten,
- » ... ,
- » die Plausibilität der Ergebnisse überprüfen sowie das Finden von Lösungsideen und die Lösungswege reflektieren.

¹⁰ Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 2004

(K 3) Mathematisch modellieren

Dazu gehört:

- » den Bereich oder die Situation, die modelliert werden soll, in mathematische Begriffe, Strukturen und Relationen übersetzen,
- » ...

(K 5) Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen

Dazu gehört:

- » ... ,
- » symbolische und formale Sprache in natürliche Sprache übersetzen und umgekehrt,

(K 6) Kommunizieren

Dazu gehört:

- » Überlegungen, Lösungswege bzw. Ergebnisse dokumentieren, verständlich darstellen und präsentieren, auch unter Nutzung geeigneter Medien,
- » die Fachsprache adressatengerecht verwenden,
- » Äußerungen von anderen und Texte zu mathematischen Inhalten verstehen und überprüfen.“

Fachliche Inhalte können zwar durch Instruktion vermittelt werden, aber eine bloße Instruktion wird kaum ausreichen, um auf Seiten der Lernenden eine Kompetenz zu entwickeln. Allgemeine Kompetenzen sind gar nicht instruierbar. Sie werden durch Handeln erworben. Von den 19 allgemeinen Kompetenzen der KMK-Bildungsstandards sind die o. g. 10 Kompetenzen nur unter Einsatz sprachlicher Mittel zu erreichen. Damit wird offensichtlich, dass Sprachbildung im Fach Mathematik keine zusätzliche Aufgabe ist, sondern notwendiger Bestandteil des Unterrichts mit dem Ziel der Umsetzung der Bildungsstandards. Um diese Standards zu erreichen, müssen entsprechende Aufgabenstellungen, die die Sprache als Bestandteil des Mathematikunterrichts ausdrücklich berücksichtigen, Gegenstand des Mathematikunterrichts werden. Zwei Beispiele zum Argumentieren und zum Kommunizieren finden sich im nachfolgenden Kapitel 3.

3 Aufgabenstellungen



zur besseren Einbindung von Sprache in den Mathematikunterricht

3.1 Beispiele aus der Schulpraxis

Die nachfolgenden Beispiele wurden von Kolleginnen und Kollegen bereits im Unterricht eingesetzt. [Die jedem Beispiel nachgestellte Klammer beschreibt den bisherigen Unterrichtseinsatz.]

a) Kontext zum Einstieg in ein Fachthema

Einstiege über einen Kontext verbinden Sprache und mathematische Strukturen von Anfang an und machen die Nützlichkeit von Mathematik deutlich. Nach der in Kapitel 2.1 beschriebenen Phaseneinteilung repräsentiert diese Aufgabe sowohl Phase 1, das kontextbezogene Einführen, als auch Phase 3, das Verwenden von Sprache. Dem erhöhten Leseaufwand von Kontextaufgaben muss Beachtung geschenkt werden. Nach einer angemessenen Einlesephase sollte es Gelegenheit zur Kommunikation geben. Dabei können unbekannte Formulierungen geklärt werden, wie z. B. „Tagesumsatz“ im nächsten Beispiel. Man kann das Sich-hinein-denken auch fördern, indem man passende Anschauungsmaterialien (Operationsobjekte) präsentiert, hier z. B. eine Cornflakespackung oder ein Diätbuch.

Nährwerte

Oma hat über die Weihnachtsfeiertage etwas zugenommen. Um wieder in Form zu kommen, hat sie ihren alten Diätberater hervorgeholt. Neben vielen nützlichen Tipps enthält er Nährwerttabellen.

Genau da liegt das Problem. Das Buch ist toll und Oma will es auf keinen Fall gegen ein neues eintauschen, aber alle Angaben sind in der alten Einheit 1 kcal beschrieben. Um ihre aufgenommene Energie zu berechnen und mit ihrem Tagesumsatz vergleichen zu können, wäre es wichtig, dass die Angaben in der aktuellen Einheit 1 kJ angegeben sind.

süße Speisen	Nährwert (je 100g)
Apfel	48 kcal
Banane	95 kcal
Eis	ca. 150 kcal
Sahne	300 kcal
Kuchen	ca. 350 kcal
Waffel	550 kcal

Ihr Enkel soll helfen. Er hat auch schon eine Idee. Auf seiner Cornflakespackung findet er folgende Angabe: 100 g Cornflakes enthalten 410 kcal (≈ 1.722 kJ).

Er nimmt sich die erste Seite des Diätbuches vor, rechnet um und schreibt die Angaben in die Tabelle.

- » Beschreibe, wie DU vorgehen würdest.
- » Rechne dabei ein Beispiel vor.
- » Ergänze die Tabelle entsprechend.

[Jahrgangsstufe 6, Gymnasium]

b) Aufgabe zum Kommunizieren

Aufgaben zum Kommunizieren regen zu Sprachverwendung an. Die Schülerinnen und Schüler erhalten Gelegenheit, bekannte Begriffe und Formulierungen zu nutzen.

Doppelter Rabatt?



Ein Bau- und Gartenmarkt gewährt Stammkunden mit Treukarte einen Rabatt*) von 3 % auf alle Einkäufe.

Bei einem frühherbstlichen Ausverkauf von Saisonartikeln wird allen Kunden ein Rabatt von 10 % auf Gartenartikel gewährt.

Ein Stammkunde möchte während des Ausverkaufs seine Gartenartikel bezahlen und natürlich seine Rabatte nutzen.

Sollte er den ursprünglichen Preis erst um 10 % und dann um 3 % oder erst um 3 % und dann um 10 % reduzieren lassen?

Befrage einen Erwachsenen zu diesem Problem und **kommentiere** dessen Aussagen.

*) Rabatt bedeutet, dass sich der ursprüngliche Preis einer Ware um den angegebenen Prozentsatz verringert.

[Jahrgangsstufe 7, Gymnasium und Jahrgangsstufe 8, Realschule Schweiz]

c) Aufgaben zum Argumentieren

Aufgaben zum Argumentieren sind nicht nur zur Erfüllung der KMK-Bildungsstandards notwendig, sondern regen zuallererst zur Sprachverwendung im Mathematikunterricht an. Sie leisten damit einen Beitrag zur allgemeinen Sprachentwicklung.

Die Bankräuber

Vier Verdächtige – Jack Knackauf, Karl Kerbholz, Gamaschen-Ede und Willi Klauer – werden in der Bank, die gerade überfallen wurde, verhört. Alle Verdächtigen werden befragt und antworten wie folgt:

Jack Knackauf: „Karl Kerbholz hat die Bank überfallen.“

Karl Kerbholz: „Willi Klauer ist der Dieb.“

Gamaschen-Ede: „Ich habe den Überfall nicht begangen.“

Willi Klauer: „Karl Kerbholz lügt.“

Nur einer hat die Bank überfallen und nur genau eine der Aussagen ist wahr. Wer ist der Bankräuber? Begründe.

[Jahrgangsstufe 7, Gymnasium]

Ein Dreieck bauen

In der Schule sind Dreiecke das neue Thema. Alle Schülerinnen und Schüler der Klasse sollen als Hausaufgabe jeweils drei Holzleisten mitbringen, aus denen ein Dreieck gebaut werden soll.

Marek fand im Keller Leisten mit den Längen 35 cm, 20 cm und 10 cm.

Seine Schwester meint: „Na damit kann es ja nicht klappen.“

- » Erkläre, warum die Leisten so nicht geeignet sind.
- » Welchen Ratschlag kannst du Marek geben, damit er sein Dreieck bauen kann?

[Jahrgangsstufe 7, Gesamtschule]

d) Aufgaben zum Üben von Wörtern und Begriffen

Giterrätsel

In dem Buchstabengitter befinden sich Begriffe zum Thema Funktionen. Sie sind waagrecht, senkrecht und diagonal, jeweils vorwärts oder rückwärts gelesen, versteckt.

Ein Begriff ist bereits eingekreist. Finde mindestens 14 weitere Begriffe.

S	X	A	H	C	I	E	R	E	B	E	T	R	E	W
T	C	D	A	R	S	T	E	L	L	U	N	G	Y	E
E	O	H	Z	U	O	R	D	N	U	N	G	G	F	Q
I	P	Y	E	D	A	R	E	G	E	Z	M	R	U	R
G	G	P	L	I	T	N	E	M	U	T	R	A	N	H
E	L	E	L	N	T	X	E	Z	H	K	R	P	K	C
N	B	R	E	T	A	E	L	U	S	N	K	H	T	S
D	U	B	B	E	Y	I	L	W	U	U	P	E	I	I
N	G	E	A	R	E	N	E	P	C	P	H	D	O	T
E	E	L	T	V	A	O	T	A	U	D	E	S	N	A
L	I	N	E	A	R	T	S	R	R	N	M	M	S	R
L	T	D	T	L	Q	O	L	A	T	I	K	I	W	D
A	S	S	R	L	S	N	L	B	R	E	B	T	E	A
F	N	Q	E	F	S	O	U	E	R	B	N	X	R	U
I	A	P	W	H	F	M	N	L	R	T	E	D	T	Q

Weiterführend: Erkläre die Bedeutung deiner gefundenen Begriffe.

Lösung: Folgende 22 Begriffe sind versteckt: Funktion in Funktionswert, Nullstelle, Scheitelpunkt, Anstieg, Wertebereich, Monotonie, Wertetabelle, Graph, Darstellung, Argument, steigend, fallend, Intervall, Gerade, Parabel, Hyperbel, eindeutig, Zuordnung, linear, quadratisch, Punkt.

[Jahrgangsstufe 9, Gesamtschule]

Geometrisches Begriffsrätsel

In den folgenden Dreiergruppen gehören zwei Begriffe zusammen, einer passt nicht dazu.

Finde die Begriffe in jeder Gruppe, die nicht hineinpassen. Begründe deine Entscheidung.

- a. Mantelflächeninhalt – Rauminhalt – Oberflächeninhalt
- b. Quader – Kreis – Dreieck
- c. Kugel – Kegel – Kreis
- d. Sehne – Kathete – Tangente
- e. Quadratmeter – Hektar – Liter
- f. Kubikmeter – Hektar – Liter
- g. Kreiskegel – Tetraeder – Zylinder
- h. Kubikmeter – Volumen – Fläche
- i. Flächeninhalt – Umfang – Hektar
- j. Raute – Quadrat – Fünfeck
- k. rechtwinklig – gleichseitig – gleichschenkelig
- l. Pythagoras – Thales – Sokrates

Lösung: a) Rauminhalt; b) Quader; c) Kreis; d) Kathete – weil keine Linie in Bezug zum Kreis oder d) Tangente – weil Sehnen und Katheten sind Strecken, die Tangente eine Gerade; e) Liter; f) Hektar; g) Tetraeder – da keine runde Grundfläche oder g) Zylinder – da Deckfläche und keine Spitze; h) Fläche – da Kubikmeter eine Volumeneinheit ist oder h) Kubikmeter – da Fläche und Volumen Größen sind und der Kubikmeter eine Einheit; i) Umfang oder Hektar – vgl. h); j) Fünfeck; k) rechtwinklig; l) Sokrates.

[Jahrgangsstufe 8, Gesamtschule]

Buchstabensalat zur Stochastik

Hier ist einiges durcheinander geraten. Bilde die richtigen mathematischen Begriffe aus dem Themengebiet der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik.

AFLLUZ EEGIINRS BEEGINRS EEGMN AACELLP AADGIMMR
 AIKSSTTT ADEIMN AEIMNOPRTTU ADELMORTW EEILMRTTTW
 AAABDGIMMMRU AEELNRRTTWZ ACCEEHHHIIIKLNRSTW

Lösung: Zufall Ereignis Ergebnis Menge Laplace Diagramm
 Statistik Median Permutation Modalwert Mittelwert
 Baumdiagramm Zentralwert Wahrscheinlichkeit

[Jahrgangsstufe 8 und 9, Gesamtschule]

Zwei Dutzend Behauptungen über Vierecke

Entscheide, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind. Falls falsch – bitte begründen!

1. Die Summe der Innenwinkel in einem Viereck beträgt 180° .
2. Ein Trapez hat mindestens zwei parallele Seiten.
3. Ein Rhombus ist immer ein Trapez.
4. Ein Rhombus ist immer ein Drachenviereck.
5. Jedes Drachenviereck ist ein Trapez.
6. Bei jedem Parallelogramm stehen die Diagonalen senkrecht aufeinander.
7. Bei folgenden Vierecken halbieren sich die Diagonalen immer:
Quadrate, Rhomben, Rechtecke, Parallelogramme.
8. In jedem Parallelogramm sind benachbarte Winkel gleich groß.
9. Alle Quadrate sind Trapeze.
10. Alle Trapeze sind Parallelogramme.
11. Jedes Quadrat ist zugleich auch Rechteck, Drachenviereck, Rhombus und Parallelogramm.
12. Es gibt Drachenvierecke, bei denen die Diagonalen nicht senkrecht aufeinander stehen.
13. Ein Drachenviereck kann kein Trapez sein.
14. In jedem Rechteck stehen die Diagonalen senkrecht aufeinander.
15. Im Trapez müssen sich die Diagonalen gegenseitig halbieren.
16. In einem Trapez können sich die Diagonalen gegenseitig halbieren.
17. Wenn ein Viereck einen Inkreis hat, dann kann es kein Trapez sein.
18. Kein Drachenviereck hat einen Umkreis.
19. Alle Drachenvierecke haben einen Umkreis.
20. Es gibt konkave Drachen.
21. Die Diagonalen einer Raute sind auch deren Symmetrieachsen.
22. Die Diagonalen eines Rechteckes sind auch dessen Symmetrieachsen.
23. Ein Drachenviereck hat keine Symmetrieachsen.
24. Quadrate sind Drachenvierecke.

[Jahrgangsstufe 6 und 7, Gymnasium und Realschule Mecklenburg-Vorpommern]

3.2 Aufgabenformulierungen ändern und dabei verbessern

Ob eine Aufgabenstellung oder ein Fachtext leicht oder schwer verständlich ist, hängt von der Qualität der Aufgabenformulierung und vom Niveau der Sprachkompetenz der Schülerinnen und Schüler ab. Um diese zu entwickeln, müssen Über- und Unterforderung vermieden werden. Mathematikunterricht muss auch einen Beitrag zur Entwicklung von Sprachkompetenz leisten, aber seine vorrangige Aufgabe ist die Entwicklung mathematischer Kompetenzen. Um dabei keine zusätzlichen Verständnishürden aufzubauen, ist es notwendig, die Formulierung von Aufgabenstellungen und Arbeitsaufträgen dem Sprachniveau der Lernenden angemessen zu gestalten.

Ein Kriterium für die Verständlichkeit eines Textes ist der Lesbarkeitsindex LIX. Dieser lässt sich folgendermaßen berechnen:

$$\text{LIX} = \text{durchschnittliche Satzlänge} + \text{relative Häufigkeit langer Wörter in Prozent}$$

Die durchschnittliche Satzlänge berechnet sich aus der Gesamtzahl der Wörter dividiert durch die Anzahl der Sätze. Der zweite Summand ergibt sich aus der Anzahl der Wörter mit mehr als sechs Buchstaben, dividiert durch die Gesamtzahl der Wörter, das Ergebnis multipliziert mit 100.

Auch wenn die Berechnung des LIX mathematisch nicht sehr anspruchsvoll ist, gestaltet sich die Handhabung doch zeitaufwändig. Möchte man den LIX eines Textes bestimmen, so kann man sich einen LIX-Rechner aus dem Internet herunterladen. Man findet ihn über eine Suchmaschine oder direkt unter: <http://psychometrica.de/lix.html>. Vorhandene digitalisierte Texte können einfach markiert, mit STRG+C kopiert und in das Eingabefeld mit STRG+V übertragen werden. Der berechnete LIX wird automatisch in Schwierigkeitsstufen klassifiziert, von sehr niedrig bis sehr hoch. Als Vergleich können folgende Richtwerte für Textgattungen dienen: LIX unter 40 \triangleq Kinder- und Jugendliteratur, LIX 40–50 \triangleq Belletristik, LIX 50–60 \triangleq Sachliteratur und LIX über 60 \triangleq Fachliteratur.

Der Lesbarkeitsindex LIX berücksichtigt jedoch nur Wort- und Satzlängen und damit nicht das komplette Spektrum von Sprachproblemen. Ablesbar ist, dass es im Sinne besserer Lesbarkeit mitunter ratsam ist, kürzere Sätze zu bilden. Als Beispiel soll die in Kapitel 1.3 schon zitierte Aufgabe „*Zeichne ein Quadrat von 5 cm Seitenlänge, schneide es aus, zerlege es in zwei oder vier Dreiecke und setze sie zu einem großen Dreieck zusammen.*“ dienen. Der LIX beträgt hier 57.

Diese Aufgabenstellung lässt sich anders gestalten:

- „– Zeichne ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 5 cm.
- Schneide das Quadrat aus und zerlege es in zwei oder vier Dreiecke.
- Lege diese Dreiecke zu einem großen Dreieck zusammen.“

Die bessere Lesbarkeit ist offensichtlich, der LIX beträgt nun 44. Zudem wurde der Text zusätzlich mit Spiegelstrichen strukturiert.

Nicht immer bringt eine Verkürzung von Texten einen Verständnisevorteil, insbesondere dann, wenn mit der Verkürzung erklärende Informationen oder interessante Details wegfallen. Beispiel: „*Das gleichförmig fahrende Auto hat eine Geschwindigkeit von 50 km·h⁻¹.*“, umzuformulieren in: „*Ein Auto fährt gleichförmig. Seine Geschwindigkeit beträgt 50 km·h⁻¹.*“, verbessert die Lesbarkeit kaum. Es lohnt sich aber, über die Texte, mit denen man die Schülerinnen und Schüler konfrontiert, nachzudenken und ggf. angemessen zu reduzieren.

Aus dem Comenius-Fortbildungsprojekt *BaCuLit*¹¹ stammt die folgende Liste von Strategien zur Vereinfachung von Fachtexten:

1. **Vereinfachung beim Schreibstil:** konkrete, anschauliche Wörter, Verben im Aktiv sowie einfache Satzkonstruktionen nutzen. LIX < 40.
2. **Lockerung der Informationsdichte:** Bei längeren Texten sind Wiederholungen und Nutzung von Worten mit ähnlicher Bedeutung nützlich. Bei kürzeren Texten ist es *nicht* sinnvoll, möglichst viele Informationen in einem Satz unterzubringen.
3. **Vereinfachung der Gliederung/Textstruktur:** Ziel ist eine logische und für den Leser transparente Struktur.
4. **Präsentationsform der Hauptideen:** Inhalt strukturieren, Analogien nutzen, Hauptideen durch Fett- oder Kursivdruck hervorheben.
5. **Motivationale Aspekte:** Interessant dargebotene zusätzliche Details, die sich direkt auf das Thema beziehen, erhöhen das Behalten wichtiger Informationen. Details können auch durch passende Abbildungen dargestellt werden.

Neben der sprachlichen Veränderung von Texten hat auch das Aussehen von Texten Einfluss auf die Lesbarkeit. Absätze strukturieren die Informationen. Eine Aufzählung von Fakten liest sich besser, wenn sie als Liste mit Aufzählungszeichen (Spiegelstrichen) präsentiert wird. Umfangreiches Zahlenmaterial bringt man besser in Tabellen oder Schaubildern unter. Illustrationen machen lange Texte deutlich attraktiver.

3.3 Operatoren

Genauere Handlungsanleitungen für die Schülerinnen und Schüler sind im Unterricht unabdingbar. Eine wichtige Rolle spielen dabei Operatoren. Dies sind Verben – gleichsam Schlüsselwörter –, die den Schülerinnen und Schülern signalisieren, was sie bei einer Frage oder einer Aufgabe konkret tun sollen, sowohl im Unterrichtsgespräch als auch in schriftlichen Arbeitsaufträgen. Wird eine Aufgabe unklar formuliert, führt dies zu Verunsicherung oder gar zu Missverständnissen, da das Ziel des Auftrags unklar bleibt. Eine Frage wie zum Beispiel: „Welche Ursachen hatte die Französische Revolution?“ lässt offen, ob die Schülerinnen und Schüler diese Ursachen einfach aufzählen sollen oder ob sie einen Text durchlesen, nach den dort erwähnten Ursachen suchen und diese dann beschreiben sollen. Möglich wäre auch, dass sie die Ursachen erklären, begründen oder diskutieren sollen. Nur leistungsstarke Schülerinnen und Schüler werden einen solchen Arbeitsauftrag so ausführen, dass möglichst viele der zu vermutenden Absichten des Lehrers bzw. der Lehrerin dabei erfüllt werden.

Operatoren präzisieren das Ziel von Arbeitsaufträgen, sorgen dabei für Orientierung und erleichtern die Bearbeitung von Aufgaben. Manche Lehrwerke enthalten daher Listen von Operatoren und erklären in einer für Schülerinnen und Schüler verständlichen Alltagssprache, welche geforderte Handlung mit dem jeweiligen Operator verbunden ist. Auch die Konferenz der Kultusminister (KMK) hat für einige Fächer Operatoren insbesondere für die Verwendung in der Sekundarstufe II bzw. bei der Erstellung von Klausuraufgaben zusammengestellt.

11 Basic Curriculum for Teachers In-service Training in Content Area Literacy in Secondary Schools

Diese Listen bleiben jedoch stets fachspezifisch und sind daher als Orientierung für Schülerinnen und Schüler gerade der Sekundarstufe I nur bedingt geeignet. So gibt es z. B. für den Operator „analysieren“ in unterschiedlichen Fächern verschiedene Definitionen. Für Schülerinnen und Schüler ist dies sehr irritierend, und das erst recht, wenn verschiedene Lehrkräfte eines Faches überdies unterschiedliche Aspekte der geforderten Tätigkeit für wichtig halten.

Es wäre daher gut, wenn in einem Kollegium eine Einigung darüber hergestellt würde, welche Operatoren fachübergreifend verwendet werden können. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich nämlich, dass viele Operatoren einen gemeinsamen Bedeutungskern haben.

Die vorliegende Liste von Operatoren aus den Bereichen Natur- und Gesellschaftswissenschaften sowie Deutsch, Englisch und Mathematik stellt den exemplarischen Versuch dar,

- » aus den in den einzelnen Fächern genutzten Operatoren diejenigen herauszufiltern, die in allen Fächern verwendet werden. Es wurde also eine Schnittmenge gebildet;
- » aus den in den Fächern genannten Definitionen den gemeinsamen Kern herauszufiltern;
- » die so gefundenen Operatoren in einer für Schülerinnen und Schüler verständlichen Sprache zu formulieren.

Der Gewinn liegt in der Möglichkeit einer breiten Anwendung dieser Operatoren in vielen Fächern.

Operator	Handlung
nennen, angeben	Informationen aufzählen, zusammentragen, wiedergeben
beschreiben	Sachverhalte, Objekte oder Verfahren mit eigenen Worten darstellen
vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln und darstellen
erklären	Sachverhalte verständlich und nachvollziehbar machen und in Zusammenhängen darstellen
erläutern	Einen Sachverhalt darstellen und unter Verwendung zusätzlicher Informationen veranschaulichen
begründen	Sachverhalte, Entscheidungen bzw. Thesen durch (logische) Argumente stützen und sachlich (beispielhaft) belegen
analysieren, untersuchen	Unter einer Fragestellung wesentliche Bestandteile Ursachen oder Eigenschaften herausarbeiten bzw. nachweisen
diskutieren, erörtern	Sich argumentativ mit verschiedenen Positionen auseinandersetzen und ggf. zu einer begründeten Schlussfolgerung gelangen
beurteilen	Zu Sachverhalten eine selbstständige Einschätzung formulieren und begründen

Literatur



Gallin, Peter/Ruf, Urs (1998): Sprache und Mathematik in der Schule. Seelze: Kallmeyer-Verlag

Handke, Ulrike (2008): Mehr Erfolg im Unterricht – Ausgewählte Methoden, die Schüler motivieren. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor

Leisen, Josef (2007): Workshop: Methoden zur Wortschatzarbeit im Fachunterricht – www.daz-lernwerkstatt.de/fileadmin/Veranstaltungen/Daz-Tage/2007/3-Leisen_Zusammenfassung_-_Workshop_-_Wortschatzarbeit_01.pdf (08.04.2013)

Nodari, Claudio/Steinmann Cornelia (2008): Fachdingsda – Fächerorientierter Grundwortschatz für das 5.–9. Schuljahr. Lehrmittelverlag des Kantons Aargau

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2004) (Hrsg.): Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss. München: Wolters Kluwer

Tajmel, Tanja (2011): Wortschatzarbeit im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In: *ide. informationen zur deutschdidaktik*, 35 (2011) 1, S. 83–93

Winter, Heinrich (1995): Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 61 (1995), S. 37–46

