

# Wege zum sprachbildenden Mathematikunterricht der Oberstufe – Beispiele und Hintergründe

Susanne Prediger & Dilan Şahin-Gür

**Quelle:** Prediger, Susanne & Şahin-Gür, Dilan (2019). Wege zum sprachsensiblen Mathematikunterricht der Oberstufe – Beispiele und Hintergründe. In Una Dirks & Kathrin Siebold (Hrsg.), DaF-/DaZ-/DaM-Bildungsräume: Sprech- & Textformen im Fokus (S. 1-16). Marburg: Universitätsbibliothek. <https://archiv.ub.uni-marburg.de/es/2019/0027/pdf/daf05.pdf>

**Zusammenfassung:** Sprache ist für den Lernerfolg in Mathematik zentral, dies zeigen viele Untersuchungen. Auch bei den bildungserfolgreichen Jugendlichen, die bis in die Oberstufe kommen, ist es daher wichtig, die für fachliches Lernen notwendigen Sprachhandlungen und Sprachmittel zu fördern. Für den Aufbau von konzeptuellem Verständnis für mathematische Konzepte erweist sich dabei die Sprachhandlung des Erklärens von Bedeutungen als zentral, die durch den Aufbau eines bedeutungsbezogenen Denkwortschatzes unterstützt werden muss. Der Artikel skizziert dazu einige Hintergründe und einen typischen Weg, wie sich Lehrkräfte dem sprachsensiblen Mathematikunterricht nähern.

## Pathways towards language-responsive mathematics classrooms in higher secondary schools – Examples and backgrounds.

**Abstract.** Language is central to mathematics achievement; this is shown by many empirical studies. Even for students who were successful until grade 10, it is therefore important to promote those discourse practices and language means which are required for mathematics learning. For developing conceptual understanding for mathematical concepts, the discourse practice of explaining meanings is most crucial. It has to be supported by developing meaning-related vocabulary. The article outlines some backgrounds and a typical pathway on which teachers can approach language-responsive mathematics teaching.

## 1. Sprachbedingte Disparitäten und ihre Hintergründe

Jugendliche von sozial benachteiligter Herkunft schneiden in Mathematiktests durchschnittlich schlechter ab als sozial privilegierte (Secada 1992). In Deutschland lassen sich diese Leistungsunterschiede zu einem großen Teil auf die Sprachkompetenz zurückführen, und zwar nicht nur für mehrsprachige, sondern auch für einsprachig deutsche Jugendliche. Dies wurde sowohl für die Grundschule nachgewiesen (Ufer et al. 2013) als auch unmittelbar am Übergang zur Oberstufe (Prediger et al. 2015).

Bevor man aus diesem Befund Konsequenzen für die Gestaltung des Unterrichts ziehen kann, müssen allerdings die sprachbedingten Hürden genauer analysiert werden:

- Traditionell werden geringere Leistungserfolge oft den Lesehürden in Aufgabentexten zugeschrieben (z.B. Abedi & Lord 2001). In der Tat zeigt eine Studie in Klasse 10, dass Lesehürden bei allen Lernenden zu geringeren Lösungserfolgen führen können (Prediger et al. 2015).
- Es zeigte sich aber auch, dass es nicht die Lesehürden sind, die die sprachlich Schwachen besonders benachteiligten: Die spezifischen Schwächen der Gruppe der sprachlich Schwachen liegen vorrangig im konzeptuellen Verständnis, d.h. in den Grundvorstellungen zu mathematischen Konzepten (ebd.).
- Durch Lernprozessanalysen wurden die Gründe deutlich: Der Aufbau von konzeptuellem Verständnis erfordert die Teilhabe an den Sprachhandlungen des Erklärens von Bedeutungen, und gerade in diesem Bereich fehlen sprachlich Schwachen die Sprachmittel (Prediger 2018, Setati 2005).

Einsprachig deutsche Lernende und mehrsprachige Lernende, die im deutschen Bildungssystem aufgewachsen sind, verfügen in der Regel über eine gut ausgebaute Alltagssprache. Die schulischen sprachlichen Anforderungen gehen aber darüber hinaus, weil viele kognitive und kommunikative Prozesse eine präzisere und komplexere Sprache erfordern: die sogenannte Bildungssprache, die in anderen Artikeln dieses Bandes ausführlich beschrieben wird (vgl. auch Feilke 2012, Morek & Heller 2012).

*Alltagssprache* bringen Lernende in den Unterricht mit, wir nutzen sie als Ressource, um die *Fachsprache* darauf aufzubauen. Bei Fachsprache denken die meisten zunächst an den mathematikspezifischen Wortschatz mit Fremdwörtern. Doch die Fachsprache nutzt zahlreiche weitere lexikalische und syntaktische Sprachmittel, die zunächst alltagssprachlich erscheinen, beispielsweise Satzbausteine wie „das Vorzeichen wechselt von ... zu ...“. Sie gehören aber nur für wenige Lernende zum Alltag, ebenso wenig Wortbildungsweisen wie Nominalisierungen, trennbare Verben wie „lösen ... auf“ oder Passivkonstruktionen, mit denen man Vorgehensweisen auch ohne handelnde Personen beschreiben kann. Sie gehören wie Wenn-Dann-Konstruktionen auch zur sogenannten *Bildungssprache*.

Auch wenn die Linguistik weiterhin um präzise Charakterisierungen von Bildungssprache ringt (Redder & Weinert 2013), gibt es Einigkeit über die Relevanz folgender Merkmale: Bildungssprache wird gebraucht, um dekontextualisiert und verallgemeinernd über abstraktere Zusammenhänge kommunizieren zu können (Feilke 2012, Morek & Heller 2012). Sie teilt viele Merkmale mit den Fachsprachen und wird als ihr gemeinsamer Kern in Unterrichtskommunikationen genutzt, um Wissen zu vermitteln und zu erarbeiten. Für Zweitsprachen-Lernende ist die Bildungssprache schwieriger zu erwerben als die Alltagssprache (Cummins 2000), doch zeigt sich immer deutlicher, dass ein begrenzter Zugang zur Bildungssprache kein alleiniges Problem der Mehrsprachigen ist, sondern stärker der sozialen Hintergründe: Lernende aus bildungsnahen Elternhäusern erwerben bildungssprachliche Kompetenzen bereits in Diskursen/Konversationen mit den Eltern, doch Lernende sozial benachteiligter Herkunft haben eher seltener Lerngelegenheiten für die Bildungssprache (Morek & Heller 2012). Migrationsbedingte und sozialbedingte sprachliche Unterschiede finden sich demnach eher in der Bildungssprache als im Alltagssprachegebrauch in außerschulischen Situationen.

In der Oberstufe gehören natürlich auch schon viele bildungs- und fachsprachliche Sprachmittel der Mittelstufe zum eigensprachlichen Repertoire der Lernenden, wie z.B. „Steigung“, „Tief- und Hochpunkt“ „steigen/fallen“. Der produktive Wortschatz ist dabei naturgemäß deutlich kleiner als der rezeptive Wortschatz (Steinhoff 2013).

## **2. Wege zum sprachsensiblen Mathematikunterricht – ein typischer Fall**

Wie können Mathematiklehrkräfte auf diesen Befund zu sprachbedingten Hürden im konzeptuellen Verständnis reagieren? In diesem Abschnitt werden hilfreiche und weniger hilfreiche Ansätze und ihre Hintergründe vorgestellt, und zwar – mit Blick auf die Lehre - in Form eines synthetisierten Fallbeispiels, das aus verschiedenen Erfahrungen und Forschungsbefunden auf Unterrichts- und Forschungsebene zusammengesetzt ist (analog zu Prediger 2016 mit einem Grundschulbeispiel).

### **2.1 Offensive statt defensive Strategie**

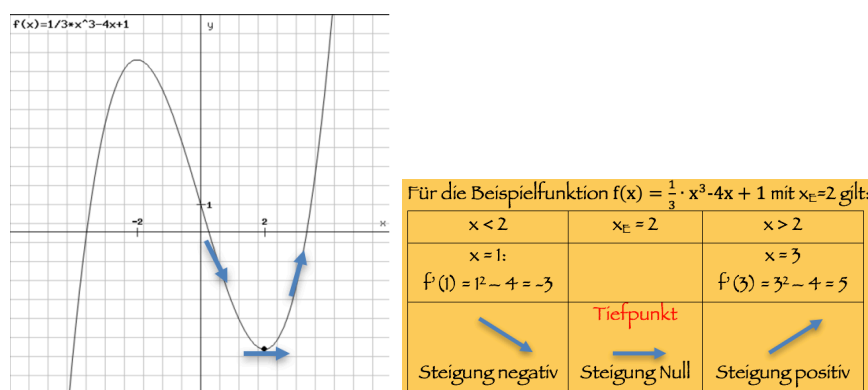
**Ein Beispiel aus dem Unterricht der Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe – Teil 1:** Die Klasse spricht über hinreichende Kriterien zur Bestimmung von Extremwerten. Zamira erläutert ihren Rechenweg zur Bestimmung einer Extremstelle der Funktion  $f(x) = \frac{1}{3}x^3 - 4x + 1$  mit  $x_E = 2$  als lokales Minimum: „Wenn die erste Ableitung von negativ zu positiv wechselt, dann muss die zweite Ableitung positiv sein und die Extremstelle ein Tiefpunkt“. Joris und Marvin und viele andere im Kurs können der Erläuterung nicht folgen. Marvin ist nicht vertraut mit Wenn-Dann-Konstruktionen. Joris scheitert daran, dass sie sich nicht vorstellen kann, was die sich ändernde Steigung der ersten Ableitung mit der zweiten Ableitung zu tun hat. Der Lehrer, Herr Demirel, entscheidet, dass die Klasse noch nicht so weit ist, um über konzeptuell anspruchsvolle Zusammenhänge wie dem zwischen Vorzeichenwechsel-Kriterium und Bestimmung von Extrema durch die zweite Ableitung im Plenum zu reden und vermeidet in Zukunft entsprechende Gesprächsrunden. Nur mit den sprachlich Starken führt er solche Diskussionen in Gruppenarbeitsphasen.

Viele Lehrkräfte differenzieren sprachlich, indem sie für sprachlich Schwache die produktiven und rezeptiven Anforderungen reduzieren, z. B. durch vereinfachte Formulierungen von Textaufgaben oder durch das bloße Abfragen der Rechenergebnisse (Lyon 2013). Das Erklären von Lösungswegen wird meist nur den sprachlich Stärkeren abverlangt.

Aber Vorsicht: Wer für sprachlich Schwache die Anforderungen immer weiter reduziert, der räumt zwar kurzfristig mögliche Hürden aus dem Weg. Aber mittelfristig vergrößern sich die Unterschiede sogar, denn Sprache lernt man nur durch reichhaltige sprachliche Lerngelegenheiten. Statt dieser *defensiven Strategie* (sprachliche Hürden reduzieren) ist daher eine *offensive Strategie* nötig, mit der Lehrkräfte sprachliche Anforderungen explizit identifizieren, von den Lernenden immer wieder Sprache einfordern und den Sprachgebrauch unterstützen (Beese et al. 2014). Denn komplexere sprachliche Kompetenzen werden in der Oberstufe unbedingt gebraucht, nicht nur mit Blick auf das Abitur.

**Fortsetzung des Beispiels – Teil 2:** Nach einer Fortbildung entscheidet Herr Demirel, nun doch wieder alle Lernende zum Erläutern und Gegenüberstellen von Rechenwegen aufzufordern. Damit mehr Lernende folgen können, visualisiert er die Erläuterungen stets an der Tafel mit. Zunehmend trauen sich die Lernenden, ihre Wege zu berichten, zumal sich diejenigen, die sich in der entsprechenden Fachsprache noch nicht gut ausdrücken können, ihre Wege nun sprachlich entlastet vorstellen können.

Wie eine Visualisierung (wenn Lernende erst einmal mit diesen vertraut sind) auch anspruchsvolle Erklärungen aufklären helfen kann, zeigt Abb. 1 zu Zamiras anspruchsvollem Weg.



**Abb. 1:** Visualisierungen unterstützen Sprachproduktion und -rezeption

## 2.2 Warum Wortplakate nicht reichen

**Beispiel – Teil 3:** Herr Demirel will ergänzend zum Einfordern von Sprache gezielt unterstützen und erarbeitet dazu mit den Lernenden ein Wortplakat (siehe Abb. 2 links). Doch die Begriffe ‚Ableitung, Gleichung, Minimum‘ helfen den Lernenden nur wenig, ihre Rechenwege zu verbalisieren. Nutzen können einige immerhin ‚Null setzen‘ und ‚auflösen‘. Joris sagt, „Ich setze die Gleichung Null und habe die Extremstelle“. Zamira präzisiert und korrigiert zugleich: „Man muss einen kleineren und einen größeren Wert für  $x$  einsetzen und prüfen, wann die Steigung negativ bzw. positiv ist“. Laurin kann sogar ergänzend sagen: „Statt die zweite Ableitung zu verwenden, prüft Zamira per Vorzeichenwechselkriterium, ob bei  $x_E = 2$  ein Maximum oder Minimum vorliegt“.

In vielen Klassen hängen inzwischen Wortplakate, um den Wortschatz aufzubauen, also lexikalische Lernziele zu verfolgen. Wie Herr Demirel sind jedoch viele Lehrkräfte von der Wirkung enttäuscht, wenn nicht einige Gelingensbedingungen berücksichtigt werden (Prediger 2016, Moschkovich 2013):

- Mit isolierten Wörtern können Lernende nur schwer Sätze bilden (wie Joris). Besser sind Satzbausteine mit den für Mathematik relevanten Bezugswörtern und Satzstellungen (wie in Zamiras Korrektur).
- Die isolierte Wortliste klärt die Bedeutungen zu wenig. Strukturierte Sprachspeicher mit graphischen Darstellungen liefern mehr Verstehensmöglichkeiten als reine Wortlisten.
- Die Fachwörter sind nicht allein das Problem, manchen Lernenden fehlt noch Grundlegenderes. Bildungssprachliche Sprachmittel müssen auch berücksichtigt werden, wie z.B. der generelle Umgang mit hohen Verdichtungen durch Nominalisierungen, auch in der weiterführenden Analysis, wenn es beispielsweise um die Verbalisierung von Wendepunkten geht („Steigung der Steigung ist negativ“ statt „Der Bestand steigt immer weiter, aber die Steigung selbst sinkt, d.h. es wächst nicht mehr so schnell.“, vgl. Şahin-Gür & Prediger 2018).

Wortspeicher für Extremstellen

- Funktion, Gleichung
- (Erste/zweite) Ableitung
- Minimum, Maximum
- Steigung
- Tangente

Schlüsselwörter: Null setzen, auflösen, steigt/fällt

### Sprachspeicher für Hoch- und Tiefpunkte

**Berechnung der Extremstellen erläutern:**

**notwendige Bedingung:**  $f'(x)=0$  und  
**hinreichende Bedingung:**  $f''(x_E) \neq 0$   
 (bzw.  $f''(x_E)>0$  oder  $f''(x_E)<0$ )

**die erste / zweite Ableitung**

- wird null gesetzt
- ist größer oder kleiner als 0

**Im Graphen erklären:**

- der Graph verläuft waagrecht
- der Graph steigt / fällt

**Im Kontext erklären:**

- der Bestand nimmt zu / sinkt
- der Bestand stagniert
- die Änderung nimmt zu
- das Wachstum beschleunigt
- die Änderung nimmt ab
- das Wachstum bremst

**Abb. 2:** Nicht isolierte Wortspeicher (links), sondern strukturierte und reichhaltige Sprachspeicher (rechts)

- Wie unten genauer erläutert wird, ist neben dem formalbezogenen Vokabular („Funktion“, „Extremstelle“) das bedeutungsbezogene Vokabular zu ergänzen, denn nur damit lassen sich Bedeutungen erklären („Die Extremstelle ist derjenige x-Wert in einem Abschnitt (Intervall), bei dem die Funktionswerte rundherum am höchsten oder am niedrigsten sind. Graphisch bedeutet das: Die ... dreht sich um, vom Steigen zum Fallen oder umgekehrt, sie ist dann 0, denn die Tangente ist horizontal.“)

**Beispiel – Teil 4:** Herr Demirel überarbeitet sein Sprachschatzplakat, sodass die Wörter in den relevanten Bezügen erscheinen, d. h. in Satzbausteinen und mit graphischen Darstellungen (vgl. Abb. 2 rechts). Nun kann auch Joris richtige formal- und bedeutungsbezogene Sätze bilden. Damit sie zudem lernt, Zusammenhänge und Bedeutungen zu erklären, ergänzt der Lehrer verschiedene typische Erläuterungen und Erklärungen und vernetzt die Darstellungsformen untereinander. Er regt nun immer wieder an, dass die Lernenden sich gegenseitig mathematische Zusammenhänge und Konzepte erklären.

Die Sprachmittel werden von den Lernenden allerdings nur benutzt, wenn die Lehrkraft darauf drängt, ohne äußere Anlässe dagegen nur selten. Neben den Plakaten sind daher vielfältige Anlässe erforderlich, den Sprachschatz einzuüben. Dabei sollte - entsprechend wortschatzdidaktischer Ansätze für den Deutsch- und Fremdsprachenunterricht – darauf geachtet werden, dass die jeweiligen Begriffe und Satzbausteine nicht isoliert geübt werden, sondern im Rahmen reichhaltiger, kontextuell eingebetteter Sprachhandlungen (Steinhoff 2013).

Aus didaktischer Sicht ist die Bildungssprache in der Klasse von Herrn Demirel also insofern relevant, als sie zwar selbstverständliches *Lernmedium* ist, in dem Lehrkräfte und Schulbücher (spätestens in der Sekundarstufe) kommunizieren, doch gleichzeitig ist vielen Lehrkräften nicht bewusst, wie unterschiedlich die bildungssprachlichen *Lernvoraussetzungen* der Lernenden sind. Die logische Folgerung: Nicht nur Fachsprache, sondern auch Bildungssprache müssen wir zum *Lernziel* machen, wenn wir soziale Unterschiede ausgleichen wollen. Diese offensive Strategie ist langfristig lernförderlicher, als die Unterrichtssprache allein der Alltagssprache anzupassen.

Und dies gilt nicht nur auf der *Wort-* und *Satzebene*, sondern auch auf der *Diskursebene*. Insbesondere zu diskursiven Praktiken wie Erklären, Argumentieren, Beschreiben bringen Lernende sehr unterschiedliche häusliche Vorerfahrungen mit. Herr Demirels Ansatz, alle Lernenden immer wieder zum Erläutern und Erklären aufzufordern, kann bildungssprachliche Kompetenzen fördern.

Reichhaltige Sprachproduktionen lassen sich mit Aufträgen einfordern wie in Abb. 3., die Lernende aktiv zum Sprechen (und Schreiben) bringen, so dass Sprache explizit (oder implizit) zum Lerngegenstand wird. Darüber hinaus bieten insbesondere die Schreibaufträge für Lehrkräfte gute Diagnosemöglichkeiten: So können sowohl zu Beginn eines Unterrichtsthemas mitgebrachte Vorstellungen und eigensprachliche Ressourcen der Lernenden als auch im späteren Verlauf konzeptuelle und sprachliche Schwierigkeiten identifiziert werden.

Besonders bewährt haben sich dabei Aufgabenformate, die verbale, graphische und symbolische Darstellungsformen vernetzen, weil mit ihnen die Konzeptentwicklung und Sprachentwicklung gleichzeitig gefördert werden kann (Leisen 2005, Prediger, Clarkson & Bose 2016).

**Aufgabe 1:**

a) Ordne den 4 Schlagzeilen passende Graphenabschnitte (1-6) zu. Beschrifte danach die Achsen sinnvoll.

**Weniger Geburten**  
Das Bevölkerungswachstum hat sich in den letzten Jahren verringert.

1

2

3

**Vulkaninsel entsteht**  
Das rasante Wachstum bringt die Insel demnächst über den Meeresspiegel.

4

5

6

**Orang-Utans bedroht**  
Palmölplantagen führen zu dramatischem Rückgang der Population.

**U-Boot erreicht Meeresgrund**  
Am Marienengraben erreicht ein U-Boot langsam den Grund des Meeres.

b) Ordne nun die Bedingungen A-H den Graphenabschnitten und Schlagzeilen aus a) zu. Begründe deine Zuordnung.

A	B	C	D	E	F	G	H
$f(x) > 0$	$f(x) > 0$	$f(x) < 0$	$f(x) < 0$	$f(x) > 0$	$f(x) < 0$	$f(x) > 0$	$f(x) < 0$
$f'(x) > 0$	$f'(x) < 0$	$f'(x) > 0$	$f'(x) < 0$	$f'(x) > 0$	$f'(x) < 0$	$f'(x) < 0$	$f'(x) > 0$
$f''(x) < 0$	$f''(x) < 0$	$f''(x) < 0$	$f''(x) > 0$	$f''(x) > 0$	$f''(x) > 0$	$f''(x) < 0$	$f''(x) > 0$

**Abb. 3:** Aufgaben mit reichhaltigem Sprech Anlass wählen: Beispielaufgabe „Änderungen/Ableitungen in Worte fassen“

## 2.3 Sprachliche Lernziele von ihrer Funktion her denken

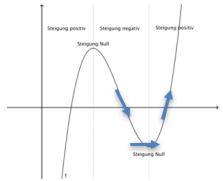
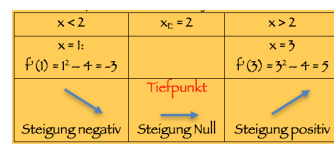
**Beispiel – Teil 5:** Herr Demirel hat festgestellt, dass die Lernenden nur diejenigen Sprachmittel aufnehmen, die sie wirklich benötigen, um die explizit geforderten Sprachhandlungen auszuführen. Daher schreibt er nun für jede Stunde eine Sprachhandlung als diskursives Lernziel an die Tafel und sammelt mit den Lernenden die jeweils erforderlichen Sprachmittel. Er hält die Lernenden stets dazu an, die Sprachhandlungen mit zunehmender Präzision und mit den gesammelten Sprachmitteln zu vollziehen.

Sprachliche Formen und Vokabeln sind kein Selbstzweck, sondern nur dann für das Fachlernen relevant, wenn sie eine Funktion für Denk- und Verständigungsprozesse erfüllen; denn (lexikalische und grammatische) Form und Funktion der Sprache gehören stets zusammen (Feilke 2012). In den USA und Kanada ist daher ein Ansatz zur Sprachförderung (Echevarria, Vogt & Short 2010) inzwischen weit verbreitet, der sich zu folgenden Fragen der Unterrichtsplanung zusammenfassen lässt:

- Welche fachlichen Lernziele will ich erreichen?
- Welche Sprachhandlungen müssen sich die Lernenden dafür aneignen?
- Welche themenübergreifenden und themenspezifischen Sprachmittel benötigen Lernende dafür?

Für das in diesem Abschnitt diskutierte Beispiel der Extremstellen präsentieren wir eine entsprechende Planungstabelle in der folgenden Übersicht:

**Tabelle 1:** Planungstabelle zum Identifizieren sprachlicher Anforderungen – Am Beispiel Extremstellen

Fachliches (Teil-)Lernziel	Sprachhandlung	Dazu notwendige Sprachmittel	Möglicher Text (Erwartungshorizont) für das Thema Extremstellen
Verfahren beherrschen	<b>Rechenverfahren erläutern</b>	<p><b>Themenübergreifende Sprachmittel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sequenzierende (erst, ... dann, ...)</li> <li>• finale (um ... zu...)</li> </ul> <p><b>Themenspezifische Sprachmittel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• formalbezogene Satzbausteine</li> </ul>	<p>Für die Berechnung von Extremstellen setzt man <b>zuerst</b> die <b>erste Ableitung gleich Null</b> und <b>löst dann die Gleichung nach x auf</b>, um die möglichen Extremstellen <b>auszurechnen</b>.</p> <p><b>Als nächstes</b> muss geprüft werden, ob die <b>zweite Ableitung</b> für die potentielle Extremstelle <b>ungleich 0</b> ist.</p>
Konzeptuelles Verständnis (Grundvorstellungen) entwickeln	<b>Bedeutung von formalen Bedingungen inhaltlich erklären</b>	<p><b>Themenübergreifende Sprachmittel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• folgernde (deshalb, also gilt, somit, ...)</li> <li>• interpretierende (das kann man sich so vorstellen...; das bedeutet...)</li> </ul> <p><b>Themenspezifische Sprachmittel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• formalbezogene Satzbausteine</li> <li>• bedeutungsbezogene Satzbausteine</li> <li>• bei Vernetzung zwischen Inhalt und Kalkül sowie verschiedenen Darstellungen auch Anschauungsmittel</li> </ul>	<p>Die hinreichende Bedingung zur Berechnung von Extrema (z.B. <math>f''(x_E) &gt; 0</math>) <b>kann man sich so vorstellen:</b></p> <p>Für einen Tiefpunkt: Die Steigung der Funktion ist zwar an der Extremstelle null, aber vorher negativ und danach positiv, d.h. die Ableitungswerte wechseln von negativ zu positiv (also steigen die Ableitungswerte).</p> <p><b>Formal bedeutet das:</b> Die Steigung der ersten Ableitung ist positiv, <b>also gilt:</b> <math>f''(x_E) &gt; 0</math>.</p> <p><b>Somit</b> ist <math>x_E</math> ein Tiefpunkt.</p> 
Logische Beziehungen verstehen und nutzen	<b>Wenn-dann-Beziehungen allgemein beschreiben</b>	<p><b>Themenübergreifende Sprachmittel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verallgemeinernde Satzbausteine (immer wenn, abstrakte Formen)</li> <li>• logische Bezüge (wenn-dann-Beziehungen, Ober-Untergriffs-Strukturen,...)</li> </ul> <p><b>Themenspezifische Sprachmittel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• formalbezogene Satzbausteine</li> <li>• bedeutungsbezogene Satzbausteine</li> <li>○ auch Anschauungsmittel</li> </ul>	<p><b>Wenn</b> <math>f'(x_E) = 0</math> und <math>f''(x) &lt; 0</math> ist, <b>dann</b> hat die Funktion an der Stelle <math>x_E</math> ein lokales Maximum.</p> <p><b>Immer wenn</b> <math>f'</math> bei <math>x_E</math> null ist und bei <math>x_E</math> ein <b>Vorzeichenwechsel von + zu -</b> stattfindet, <b>dann</b> besitzt <math>f</math> bei <math>x_E</math> einen <b>Hochpunkt</b>.</p> 

**Beispiel – Teil 6:** Nach einigen Monaten des Einübens von Sprachhandlungen können sich die Schülerinnen und Schüler in Herr Demirels Klasse über verschiedene Rechenwege austauschen und ihre Bedeutung erklären. Dazu verknüpfen die Lernenden immer wieder die formalen Bedingungen mit ihrer jeweils inhaltlichen Bedeutung über verschiedene Darstellungen hinweg. Beim Beschreiben von Zusammenhängen fällt allerdings auf, dass die Lernenden gerne bei konkreten Zahlen und Beispielen bleiben und die Verallgemeinerungen vermeiden und mit den logischen Beziehungen Schwierigkeiten haben. Er spornt sie an, auch zu verallgemeinern und logische Beziehungen expliziter auszudrücken. Einige Lernende brauchen viele Beispiele, bis sie den Unterschied zwischen hinreichendem und notwendigem Kriterium, also zwischen Implikationen in verschiedenen Richtungen verstehen. Doch Herr Demirel weiß, wie wichtig dies für das mathematische Verständnis ist.

Jedes neue fachliche Thema bringt neue themenspezifische Sprachmittel mit sich, also andere bedeutungs- und formalbezogene Satzbausteine (Prediger 2017). Die verschiedenen Sprachhandlungen benötigen außerdem jeweils eigene themenübergreifende Kohäsionsmittel, also Mittel zum Herstellen angemessener Bezüge. Wenn der Mathematikunterricht diese thematisiert, hilft das auch den anderen Fächern.

### **3. Kurze Einbettung des Fallbeispiels in den Forschungsstand**

Das zusammengesetzte Fallbeispiel von Herrn Demirels Weg hin zum sprachbildenden Mathematikunterricht lässt sich einordnen in Ergebnisse aus der Unterrichts- und Professionalisierungsforschung. Dies kann verdeutlichen, wie typisch seine Erfahrungen für das Feld sind.

#### **3.1 Ergebnisse der Unterrichtsforschung: Sprachbildung ist fachlich lernwirksam**

Zwar ist die Entwicklungsforschung zum sprachbildenden Mathematikunterricht bei weitem noch nicht flächendeckend für alle mathematischen Themengebiete realisiert, gleichwohl haben sich bereits einige Designprinzipien herausgeschält, die für sprachbildenden Mathematikunterricht zentral sind (Gibbons 2002, Echevarria, Vogt & Short 2010, Moschkovich 2013, Prediger 2018):

- Fokussiert werden sollte der Aufbau von konzeptuellem Verständnis für mathematische Konzepte, dazu muss auf der Diskursebene die Sprachhandlung Erklären von Bedeutungen besonders berücksichtigt werden.
- Sprachlernprozesse müssen mit den fachlichen Lernprozessen systematisch verknüpft werden, dazu müssen fachliche und sprachliche Lernpfade so koordiniert werden, dass sie jeweils von den vorunterrichtlichen, fachlichen und sprachlichen Ressourcen der Lernenden ausgehen und hin zu zunehmend abstrakteren Inhalten und Sprachmitteln schreiten.
- Darstellungsvernetzungen müssen nicht nur zu Beginn der Lernpfade, sondern durchgängig immer wieder angeregt werden.
- Sprachschatzarbeit ist stets diskursiv einzubinden und sollte durch gut strukturierte Sprachspeicher unterstützt werden.

Konkret konnte für zwei sprach- und fachintegrierte Förderungen zu Brüchen und Prozenten, die nach diesen Designprinzipien strukturiert sind, die Lernwirksamkeit für konzeptuelles Verständnis in drei quasiexperimentellen Interventionsstudien nachgewiesen werden. Dabei zeigt sich insbesondere:

- Lernende in diesen fach- und sprachintegrierten Förderungen erzielten höhere Lernzuwächse im konzeptuellen Verständnis als die Kontrollgruppe mit herkömmlichem Unterricht (Resultate im Überblick in Prediger 2018).
- Einsprachige und mehrsprachige Lernende profitieren in gleichem Maße, und die mehrsprachigen Bildungsinländer zeigen kaum spezifische sprachliche Förderbedarfe, die nicht auch bei sprachlich schwachen Einsprachigen auftauchen (Wessel & Prediger 2017). Sprachlich starke Lernende, die die fokussierte Sprachförderung nicht unbedingt brauchen, profitieren bemerkenswerterweise von ihr fachlich am meisten (ebd.). Diese Befunde zeigen, dass vom sprachbildenden Unterricht die

ganze Klasse profitieren kann und man keine Sorge haben muss, mit „externen“ Zielen Lernzeit zu verschwenden, wenn die sprachlichen Anforderungen tatsächlich an den fachlich relevanten Aspekten ausgerichtet sind.

### 3.2 Ergebnisse der Professionalisierungsforschung: Jobs im sprachbildenden Unterricht

Welche Aufgaben ergeben sich in einem solchen Unterricht für die Fachlehrkräfte? Studien der gegenstandsspezifischen Professionalisierungsforschung haben dazu beigetragen, die wichtigsten didaktischen Anforderungssituationen (kurz: Jobs für Lehrkräfte) zu identifizieren (Prediger 2019, Hajer & Norén 2017):

- *Sprache einfordern*, d.h. möglichst reichhaltige sprachliche Äußerungen der Lernenden in den fachlichen Lernprozessen schriftlich und mündlich elizitieren
- *Sprache diagnostizieren*, d.h. die Lernendenäußerungen im Hinblick auf die bereits aktivierbaren Sprachhandlungen und Sprachmittel analysieren
- *Sprache unterstützen*, d.h. die Sprachhandlungen der Lernenden durch Bereitstellung der dafür notwendigen Sprachmittel kanalisieren
- *Sprache sukzessive aufbauen*, d.h. den mittelfristigen Ausbau der Sprachhandlungen und Sprachmittel und ihre zunehmend präzisere und treffsicherere Aktivierung durch gestufte Lerngelegenheiten fördern
- *Fachlich relevante sprachliche Anforderungen identifizieren*, d.h. die Auswahl der Sprachhandlungen und Sprachmittel für das Einfordern, Diagnostizieren, Unterstützen und sukzessive Aufbauen jeweils zu orientieren an ihrer Funktion für die fachlichen Lernprozesse

Der letzte Job zeigt sich in den Studien zur Professionalisierungsforschung als der kritischste, weil seine Nicht-Berücksichtigung den Nutzen aller Aktivitäten in Frage stellen kann. So zeigen Fallstudien, dass Lehrkräfte in ihren ersten Versuchen zum *Sprache einfordern* oft allein auf der Wortebene verharren oder Sprachhandlungen wählen, die für die fachlichen Teilziele keine Relevanz haben. Eine solche als Selbstzweck betriebene Sprachbildung wird allerdings fachlich nicht wirksam und führt so zu Enttäuschungen (Moschkovich 2013, Prediger 2019). Die Sprachbildung konsequent an ihrer Funktion für die fachlichen Lernprozesse statt am Selbstzweck auszurichten, ist daher eine entscheidende Tätigkeit, die sich im letzten Job ausdrückt und in alle anderen vier Jobs hineinwirkt.

Wie diese fünf Jobs ineinandergreifen können, zeigt die zusammenfassende Tabelle 2, in der jeder Job einerseits durch Leitfragen charakterisiert ist und andererseits mit einer Prüffrage versehen wird. Dabei stellt die jeweilige Prüffrage den Bezug zu Kernprinzipien fachdidaktischer Qualität wie kognitiver Aktivierung, Verstehensorientierung und Adaptivität her, die für jeden Umgang mit (sprachlich und leistungsbezogen) heterogenen Lerngruppen im Blick behalten werden müssen (Knipping, Korff & Prediger 2017).



**Tabelle 2:** Fünf Jobs im sprachbildenden Mathematikunterricht (Prediger 2019)

Job	Leitfragen in der Unterrichtsplanung
<b>Fachlich relevante sprachliche Anforderungen identifizieren</b>  Prüffrage zur fachdidaktischen Qualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche fachlichen Teilziele (z.B. Vorstellungen zu Konzepten, Wissen über Zusammenhänge, Fertigkeiten, ...) werden angestrebt?</li> <li>• Welche Sprachhandlungen (z.B. Erklären von Bedeutung, Erläutern des Rechenweges, Beschreiben eines allgemeinen Zusammenhangs) sind dafür relevant?</li> <li>• Welche Sprachmittel (Satzbausteine, graphische Darstellungsmittel und ggf. grammatische Strukturen) brauchen die Lernenden für diese jeweiligen Sprachhandlungen?</li> </ul> ← Inwiefern werden dabei Verstehensorientierung und der Fokus auf die passende Stelle im Lernpfad berücksichtigt?
<b>Sprache diagnostizieren</b>  Prüffrage zur fachdidaktischen Qualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Sprachhandlungen führen die Lernenden bereits durch (mündlich und schriftlich)?</li> <li>• Welche Sprachmittel nutzt wer schon dafür, wem fehlen noch welche?</li> </ul> ← Inwiefern ermöglichen / behindern die Lücken den Zugang der Lernenden zu zentralen fachlichen Teilzielen?
<b>Sprache einfordern</b>  Prüffrage zur fachdidaktischen Qualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Sprachhandlungen sollen in welchem fachlichen Kontext und in welchem methodischen Setting eingefordert werden? (z.B. individueller Schreibauftrag, Schreibgespräch, Strategiekonferenz, Partnerbogen)</li> </ul> ← Inwieweit gelingt dabei eine möglichst breite diskursive Aktivierung? ← Inwieweit bleibt dabei das fachliche Teilziel im Fokus?
<b>Sprache unterstützen</b>  Prüffrage zur fachdidaktischen Qualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Sprachmittel müssen durch lokale Formulierungshilfen unterstützt werden?</li> <li>• In welchem Unterstützungsformat werden die Hilfen für wen gegeben (z.B. Lückentext, Satzanfänge, längerfristiger Sprachspeicher, ...)?</li> </ul> ← Wie gelingt dabei das Aufrechterhalten des Prinzips der minimalen Hilfe und der individuellen Adaptivität?
<b>Sprache sukzessive aufbauen</b>  Prüffrage zur fachdidaktischen Qualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie kann der fachliche Lernpfad durch geeignete Lerngelegenheiten für die passenden Sprachhandlungen und Sprachmittel ergänzt werden?</li> <li>• Wie gelingt dabei eine sukzessive Erarbeitung von eigensprachlichen Ressourcen über bedeutungsbezogenen Denkwortschatz hin zum formalbezogenen Wortschatz und dem erweiterten kontextbezogenen Lesewortschatz?</li> <li>• Wie gibt es für alle relevanten Sprachmittel genügend Raum zum Erarbeiten, Systematisieren und Einüben?</li> </ul> ← Inwiefern entspricht der fachliche Lernpfad den fachdidaktischen Standards? ← Inwiefern sind die sprachlichen Lerngelegenheiten darauf so abgestimmt, dass nur notwendige Sprachmittel thematisiert werden?

### 3.3 Fazit

Insgesamt ergeben sich aus dem zusammengesetzten Fallbeispiel und den Ergebnissen der Unterrichts- und Professionalisierungsforschung folgende grundlegende Einsichten:

- Sprachbildung ist **notwendig**, denn viele Lernende erfüllen noch nicht die sprachlichen Lernvoraussetzungen für anspruchsvollen Unterricht der gymnasialen Oberstufe, dies betrifft nicht nur Zweitsprachen-Lernende, sondern auch Einsprachige aus sozial unterprivilegierten Familien.
- Sprachbildung muss auch **fachbezogen** erfolgen, denn die sprachlichen Anforderungen in jedem Fach sind sehr unterschiedlich und können daher nicht allein fachübergreifend bearbeitet werden.
- Damit Sprachbildung **fachlich treffsicher** und lernwirksam werden kann, müssen die fachlich relevanten sprachlichen Anforderungen sorgfältig identifiziert werden, sonst kann sie die fachlichen Lehr-Lernprozesse nicht unterstützen.

- Für Lehrkräfte ist Sprachbildung kein Thema für einzelnen Sternstunden, sondern **durchgängige Planungsdimension** mit vielfältigen Jobs, die die Komplexität des Unterrichts zunächst erhöht.
- Doch die Mühe lohnt sich, denn es gibt vielfältige empirische Befunde, dass eine fachlich treffsichere Sprachbildung tatsächlich **fachlich lernwirksam** werden kann, weil sie die fachlichen Lernprozesse unterstützen und intensivieren kann.
- Damit Lehrkräfte ihre vielfältigen zusätzlichen Jobs professionell erfüllen können, sind **fachbezogene Fortbildungs- und Ausbildungsangebote** unabdingbar.

## Literatur

- Abedi, J. & Lord, C. (2001). The language factor in mathematics tests. *Applied Measurement in Education*, 14(3), 219-234.
- Beese, M., Benholz, C., Chlosta, C., Gürsoy, E., Hinrichs, B., Niederhaus, C. & Oleschko, S. (2014). *Sprachbildung in allen Fächern*. München: Langenscheidt / Klett.
- Cummins, J. (2000). *Language, power and pedagogy*. Clevedon: Multilingual Matters.
- Echevarria, J., Vogt, M. E. & Short, D. (2010). *The SIOP model for teaching mathematics to English learners*. Boston: Pearson.
- Feilke, H. (2012). Bildungssprachliche Kompetenzen - fördern und entwickeln. *Praxis Deutsch*, 39(233), 4-13.
- Gibbons, P. (2002). *Scaffolding Language, Scaffolding Learning. Teaching Second Language Learners in the Mainstream Classroom*. Portsmouth: Heinemann.
- Knipping, C., Korff, N. & Prediger, S. (2017). Mathematikdidaktische Kernbestände für den Umgang mit Heterogenität – Versuch einer curricularen Bestimmung. In C. Selter, S. Hußmann, C. Höble, C. Knipping & K. Lengnink (Hrsg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen – Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (S. 39-60). Münster: Waxmann.
- Leisen, J. (2005). Wechsel der Darstellungsformen. Ein Unterrichtsprinzip für alle Fächer. *Der Fremdsprachliche Unterricht Englisch*, 78, 9-11.
- Lyon, E. G. (2013). What about language while equitably assessing science? Case studies of preservice teachers' evolving expertise. *Teaching and Teacher Education*, 32(Supplement C), 1-11.
- Morek, M. & Heller, V. (2012). Bildungssprache – Kommunikative, epistemische, soziale und interaktive Aspekte ihres Gebrauchs. *Zeitschrift für angewandte Linguistik*, 57(1), 67-101.
- Moschkovich, J. (2013). Principles and Guidelines for Equitable Mathematics Teaching Practices and Materials for English Language Learners. *Journal of Urban Mathematics Education*, 6(1), 45-57.
- Hajer, M. & Norén, E. (2017). Teachers' Knowledge about Language in Mathematics Professional Development Courses: From an Intended Curriculum to a Curriculum in Action. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7b), 4087-4114.
- Prediger, S. (2016). Wer kann es auch erklären? Sprachliche Lernziele identifizieren und verfolgen. *Mathematik differenziert*, 7(2), 6-9.
- Prediger, S. (2017). „Kapital multipliziert durch Faktor halt, kann ich nicht besser erklären“- Sprachschätze für einen verstehensorientierten Mathematikunterricht. In B. Lütke, I. Petersen & T. Tajmel (Hrsg.), *Fachintegrierte Sprachbildung - Forschung, Theoriebildung und Konzepte für die Unterrichtspraxis* (S. 229-252). Berlin: de Gruyter.
- Prediger, S. (2018). Comparing and combining research approaches to empirically inform the design of subject-matter interventions: The case of fostering language learners' strategies for word problems. *RISTAL – Journal for Research in Subject-matter Teaching and Learning*, 1(1), 4-18.
- Prediger, S. (2019). Design-Research in der gegenstandsspezifischen Professionalisierungsforschung – Ansatz und Einblicke in Vorgehensweisen und Resultate. In T. Leuders, E. Christophel, M. Hemmer, F. Korneck & P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktische Forschung zur Lehrerbildung* (S. 11-34). Münster: Waxmann.
- Prediger, S., Clarkson, P. & Bose, A. (2016). Purposefully relating multilingual registers: building theory and teaching strategies for bilingual learners based on an integration of three traditions. In R. Barwell, P. Clarkson, A. Halai, M. Kazima, J. Moschkovich, N. Planas, M. Setati-Phakeng, P. Valero & M. Villavicencio Ubillús (Hrsg.), *Mathematics Education and Language Diversity* (S. 193-215). Dordrecht: Springer.
- 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.
- Redder, A., & Weinert, S. (2013). *Sprachförderung und Sprachdiagnostik. Interdisziplinäre Perspektiven*. Münster: Waxmann.

- Şahin-Gür, D. & Prediger, S. (2018). "Growth goes down, but of what?" A case study on language demands in qualitative calculus. In E. Bergqvist, M. Österholm, C. Granberg & L. Sumpter (Hrsg.), *Proceedings of the 42nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Bd. 4, S. 99-106). Umeå: PME.
- Secada, W. G. (1992). Race, ethnicity, social class, language and achievement in mathematics. In D. A. Grouws (Hrsg.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (S. 623–660). New York: MacMillan.
- Setati, M. (2005). Teaching mathematics in a primary multilingual classroom. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35(5), 447-466.
- Steinhoff, T. (2013). Wortschatz - Werkzeuge des Sprachgebrauchs. In S. Gailberger & F. Wietzke (Hrsg.), *Handbuch Kompetenzorientierter Deutschunterricht* (S. 12-29). Weinheim / Basel: Beltz.
- Ufer, S., Reiss, K. & Mehringer, V. (2013). Sprachstand, soziale Herkunft und Bilingualität: Effekte auf Facetten mathematischer Kompetenz. In M. Becker-Mrotzek u.a. (Hrsg.), *Sprache im Fach* (S. 167–184). Münster: Waxmann.
- Wessel, L. & Prediger, S. (2017). Differentielle Förderbedarfe je nach Sprachhintergrund? Analysen zu Unterschieden und Gemeinsamkeiten zwischen sprachlich starken und schwachen, einsprachigen und mehrsprachigen Lernenden. In D. Leiss, M. Hagen, A. Neumann & K. Schwippert (Hrsg.), *Mathematik und Sprache* (S. 165-187). Münster: Waxmann.

**Material:** Unterrichtsmaterial zum Thema findet sich unter [mathe-sicher-koennen.dzlm.de/100](https://mathe-sicher-koennen.dzlm.de/100)