

Susanne Prediger & Dilan Şahin-Gür

Wege zum sprachbildenden Mathematikunterricht der Oberstufe – Beispiele und Hintergründe

Language has a very high impact on students' mathematics achievement. This finding has been replicated in many empirical studies and also holds for students who have reached upper classes. Against this background, the article provides details on how classroom work in mathematics may be enhanced by specific linguistic approaches. These approaches are committed to the objective to have students develop a conceptual understanding of content-based meaning potentials. In particular, explanatory operators will be highlighted as they are supposed to serve this purpose very well.

1 Sprachbedingte Disparitäten und ihre Hintergründe

Jugendliche mit 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 Alltagssprachgebrauch 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.

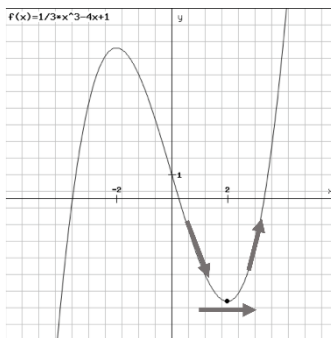
Viele Lehrkräfte differenzieren sprachlich, indem sie für sprachlich Schwache die produktiven und rezeptiven Anforderungen reduzieren, z.B. durch vereinfachte Formulierungen von Textaufgaben oder durch das bloße Abfragen der Rechenergebnisse (Lyon, 2013). Das Erklären von Lösungswegen wird meist nur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

Inwiefern eine Visualisierung dazu beitragen kann, auch anspruchsvolle Erklärungen zu erläutern, zeigt Abbildung 1 zu Zamiras Weg.



Für die Beispielfunktion $f(x) = \frac{1}{3} \cdot x^3 - 4x + 1$ mit $x_E = 2$ gilt:

$x < 2$	$x_E = 2$	$x > 2$
$x = 1:$ $f'(1) = 1^2 - 4 = -3$		$x = 3$ $f'(3) = 3^2 - 4 = 5$
↙ Steigung negativ	→ TIEFPUNKT Steigung Null	↗ Steigung positiv

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 (s. 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“.

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 Diagramm zeigt einen Graphen mit einer Kurve, die von unten links nach oben rechts verläuft. Die Kurve hat ein lokales Maximum und ein lokales Minimum. Pfeile zeigen die Steigung an verschiedenen Stellen an:

- Oben links: Steigung ist positiv, der Graph steigt.
- Oben rechts: Steigung ist negativ, der Graph fällt.
- Im Maximum: Steigung ist null.
- Im Minimum: Steigung ist null.
- Unten links: Steigung der Steigung negativ.
- Unten rechts: Steigung der Steigung positiv.

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

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 nicht hinreichend. 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).
- 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 Sprachschätzplakat, 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 Sprachschätz 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).

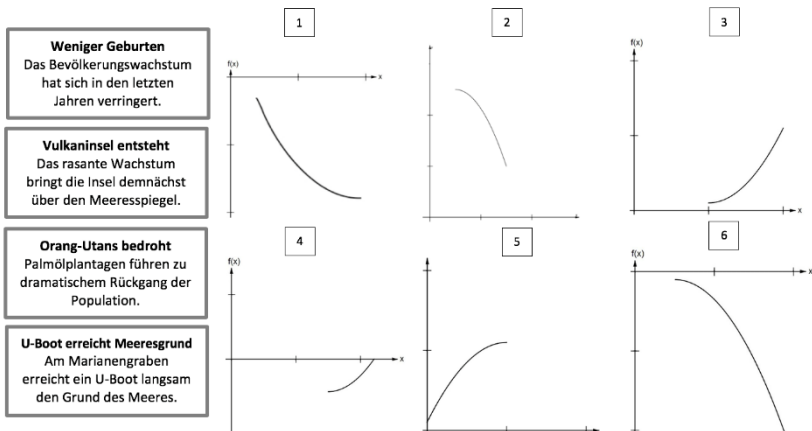
Aus didaktischer Sicht ist die Bildungssprache in der Klasse von Herrn Demirel also insofern relevant, als sie zwar selbstverständliches *Lernmedium* ist, in dem Lehrkräfte und Schulbücher (spätestens in der Sekundarstufe) kommunizieren, doch gleichzeitig ist vielen Lehrkräften nicht bewusst, wie unterschiedlich

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.

Aufgabe 1:

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



- 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“

Reichhaltige Sprachproduktionen lassen sich mit Aufträgen einfordern wie in Abbildung 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 et al., 2016).

2.3 Sprachliche Lernziele von ihrer Funktion her denken

Beispiel – Teil 5:

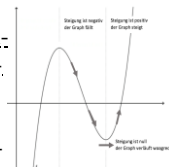
Herr Demirel hat festgestellt, dass die Lernenden nur diejenigen Sprachmittel aufnehmen, die sie wirklich benötigen, um die explizit geforderten Sprachhandlungen auszuführen. Daher schreibt er nun für jede Stunde eine Sprachhandlung als diskursives Lernziel an die Tafel und sammelt mit den Lernenden 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 et al., 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:

Fachliches (Teil-) Lernziel	Sprachhandlung	Dazu notwendige Sprachmittel	Möglicher Text (Erwartungshorizont) für das Thema Extremstellen
Verfahren beherrschen	Rechenverfahren erläutern	<u>Themenübergreifende Sprachmittel:</u> sequenzierende (z.B. erst, dann), finale (z.B. um ... zu ...) <u>Themenspezifische Sprachmittel:</u> formalbezogene Satzbausteine	Für die Berechnung von Extremstellen setzt man <u>zuerst</u> die <u>erste Ableitung gleich Null</u> und <u>löst dann</u> die <u>Gleichung nach x auf</u> , <u>um</u> die möglichen Extremstellen auszurechnen. <u>Als nächstes</u> muss geprüft werden, ob die <u>zweite Ableitung</u> für die potentielle Extremstelle <u>ungleich 0</u> ist.
Konzeptuelles Verständnis (Grundvorstellungen) entwickeln	Bedeutung von formalen Bedingungen inhaltlich erklären	<u>Themenübergreifende Sprachmittel:</u> folgernde (z.B. deshalb, also gilt, somit), interpretierende (z.B. das kann man sich so vorstellen; das bedeutet). <u>Themenspezifische Sprachmittel:</u> formalbezogene Satzbausteine, bedeutungsbezogene Satzbausteine, bei Vernetzung zwischen Inhalt und Kalkül sowie verschiedenen Darstellungen auch Anschauungsmittel.	Die hinreichende Bedingung zur Berechnung von Extrema (z.B. $f''(x) > 0$) <u>kann man sich so vorstellen:</u> Für einen Tiefpunkt: Die Steigung der Funktion ist zwar an der Extremstelle null, aber vorher negativ und danach positiv, d.h. <u>die Ableitungswerte wechseln von negativ zu positiv</u> (also steigen die Ableitungswerte). <u>Formal bedeutet das:</u> Die Steigung der ersten Ableitung ist positiv, <u>also gilt:</u> $f'(x_E) > 0$. <u>Somit</u> ist x_E ein Tiefpunkt.
Logische Beziehungen verstehen und nutzen	Wenn-dann-Beziehungen allgemein beschreiben	<u>Themenübergreifende Sprachmittel:</u> verallgemeinernde Satzbausteine (immer wenn, abstrakte Formen), logische Bezüge (wenn-dann-Beziehungen, Ober-Unterbegriffs-Strukturen). <u>Themenspezifische Sprachmittel:</u> formalbezogene Satzbausteine, bedeutungsbezogene Satzbausteine, auch Anschauungsmittel.	<u>Wenn</u> $f'(x_E) = 0$ und $f''(x_E) < 0$ ist, <u>dann</u> hat die Funktion an der Stelle x_E ein lokales Maximum. <u>Immer wenn</u> f' bei x_E null ist und x_E einen <u>Vorzeichenwechsel von + zu - hat</u> , <u>dann</u> besitzt f bei x_E einen <u>Hochpunkt</u> .



Für die Beispielfunktion $f(x) = \frac{1}{3} \cdot x^3 - 4x + 1$ mit $x_E = 2$ gilt:

$x < 2$	$x_E = 2$	$x > 2$
$x = 1$		$x = 3$
$f'(1) = 1^2 - 4 = -3$		$f'(3) = 3^2 - 4 = 5$
↙ Steigung negativ	→ TIEFPUNKT Steigung Null	↗ Steigung positiv

Tab. 1: Planungstabelle zum Identifizieren sprachlicher Anforderungen – am Beispiel Extremstellen

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 et al., 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 schreiben.
- 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 et al., 2017).

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

Tab. 2: Fünf Jobs im sprachbildenden Mathematikunterricht (Prediger, 2019)

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.

- 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.
- Knipping, C., Korff, N. & Prediger, S. (2017). Mathematikdidaktische Kernbestände für den Umgang mit Heterogenität – Versuch einer curricularen Bestimmung. In C. Selter, S. Hußmann, C. Höhle, 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.
- 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“ – Sprachschatzarbeit 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 for subject-matter interventions – The case of fostering language learners' strategies for word problems. Eingereichtes Manuskript.
- Prediger, S. (2019). Design-Research in der gegenstandsspezifischen Professionalisierungsforschung – Ansatz und Einblicke in Vorgehensweisen und Resultate am Beispiel ‚sprachbildend Mathematik unterrichten lernen‘. In E. Christophel, M. Hemmer, F. Korneck, T. Leuders & 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. Eingereichtes Manuskript.
- 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: Beltz.
- Ufer, S., Reiss, K. & Mehringer, V. (2013). Sprachstand, soziale Herkunft und Bilingualität: Effekte auf Facetten mathematischer Kompetenz. In K. Schramm, E. Thürmann, H. Vollmer & M. Becker-Mrotzek (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.

Anschrift der Verfasserinnen:

Prof. Dr. Susanne Prediger & Dilan Şahin-Gür

Technische Universität Dortmund, Institut für Entwicklung und Erforschung des Mathematikunterrichts, Fakultät für Mathematik, Vogelpothsweg 87, D-44221 Dortmund

prediger@math.uni-dortmund.de, Dilan.Sahin-Guer@math.tu-dortmund.de