Sprachbildung für Verständnisaufbau in allen Fächern: Bedeutungsbezogene Denksprache zum Beschreiben fachlicher Strukturen

Susanne Prediger – Anneke Vogel

Sprachbildend wird Fachunterricht, wenn reichhaltige Sprachhandlungen von Lernenden eingefordert, diagnostiziert und unterstützt werden, um die Sprachkompetenz der Lernenden sukzessive aufzubauen. Dazu müssen zunächst die fachlich relevanten sprachlichen Anforderungen identifiziert werden, dies sind insbesondere die Sprachhandlungen *Beschreiben fachlicher Strukturen und Prozesse* und sowie *Erklären von Bedeutungen und Zusammenhängen*. An den Mathematik- und Biologie-Beispielen Quadervolumen und Evolution wird konkretisiert, warum dies für die Förderung des fachlichen Verständnisaufbaus so wichtig ist und wie es realisiert werden kann.

1 *Einleitung: Sprachbildung für den Verständnisaufbau*

Sprachbildung ist eine wichtige Aufgabe aller Fächer, denn Sprachkompetenzen beeinflussen erheblich die Fachleistungen und Leistungszuwächse (Paetsch et al., 2016), dies gilt für konzeptuelles Verständnis noch stärker als für prozedurale Fertigkeiten (Ufer et al., 2013).
Daher haben wir verstehens- und sprachförderliche Unterrichtseinheiten entwickelt und in zwei Interventionsstudien gezeigt, dass sie für den Aufbau von fachlichem Konzeptverständnis lernwirksamer sind als regulärer Unterricht (Prediger & Neugebauer, 2023, zum Prozentverständnis; Prediger et al., 2022, zum Bruchverständnis). In diesem Artikel zeigen wir für zwei andere Beispiele aus dem Mathematik- und Biologieunterricht, worauf es dabei ankommt, und zwar für alle Fächer.

2 *Fünf Praktiken im sprachbildenden Fachunterricht*

Sprachbildender Unterricht zielt nicht darauf, defensiv alle sprachlichen Anforderungen zu senken, sondern offensiv die Sprachkompetenzen aller Lernenden auszubauen, um das fachliche Lernen der Jugendlichen zu fördern. Fünf didaktische Tätigkeiten sind dazu besonders wichtig (Prediger, 2020):

- *Fachlich relevante sprachliche Anforderungen identifizieren,* d.h. passend zu den jeweiligen fachlichen Lernzielen notwendige Sprachhandlungen und Sprachmittel auswählen
- *Sprache einfordern,* d.h. möglichst reichhaltige Lernendenäußerungen schriftlich und mündlich anregen und vernetzen
- *Sprache diagnostizieren,* d.h. die Lernendenäußerungen im Hinblick auf die bereits aktivierbaren Sprachhandlungen und Sprachmittel analysieren
- *Sprache unterstützen,* d.h. diejenigen Sprachhandlungen, die in der Zone der nächsten Entwicklung der Lernenden liegen, durch verschiedene Gerüste (z.B. Formulierungshilfen oder Lesestrategiehilfen) zu ermöglichen.
- *Sprache sukzessive aufbauen,* indem die Sprachhandlungen und Sprachmittel der Lernenden in gestuften Lerngelegenheiten systematisch ausgebaut werden.

Sprache einfordern ist seit jeher eine Kerntätigkeit von Lehrkräften im guten Fachunterricht (Wagenschein, 1968). Doch hohe Anforderungen allein sind nicht lernförderlich, sondern die Kombination von *Einfordern, Diagnostizieren* und *Unterstützen* (Erath et al., 2021). Viele Aufgaben- und Unterstützungsformate lassen sich dazu gut aus dem Fremdsprachen-Unterricht auf andere Fächer übertragen (praxisbewährt zusammengestellt z.B. bei Leisen, 2010).
Eine genuin *fach*didaktische Aufgabe von Lehrkräften dagegen ist es, die *fachlich relevanten sprachlichen Anforderungen zu identifizieren*, sie steht daher im Zentrum dieses Artikels.

3 *Fachlich relevante sprachliche Anforderungen identifizieren: Beispiel Volumen*

3.1 Doppelter Lernpfad mit mehreren Lernstufen

Da Lernzeit im Fachunterricht immer knapp ist, sollte sich Spracharbeit auf diejenigen sprachlichen Anforderungen fokussieren, die unabdingbar sind, um fachliche Lernziele zu erreichen, insbesondere Verständnis aufzubauen.
Viele Fachlehrkräfte, die mit Spracharbeit beginnen, fokussieren zunächst auf Fach-Vokabular, denn das gehört seit jeher zu den Lerngegenständen des Fachunterrichts (und dürfte ohne gehörigen Nachdruck der Lehrkräfte in aller Regel auch nicht erworben werden). Doch isoliertes Lernen von Fachvokabular trägt wenig zu anderen fachlichen Lernzielen bei, denn mit den Vokabeln sind die dahinter stehenden fachlichen Konzepte noch nicht automatisch erfasst. Wie man stattdessen die Sprachhandlungen aus den fachlichen Anforderungen heraus identifiziert, wollen wir am Beispiel des Quadervolumens verdeutlichen:

MNU-Journal – Ausgabe 04.2024 – ISSN 0025-5866 – © Verlag Klaus Seeberger, Neuss

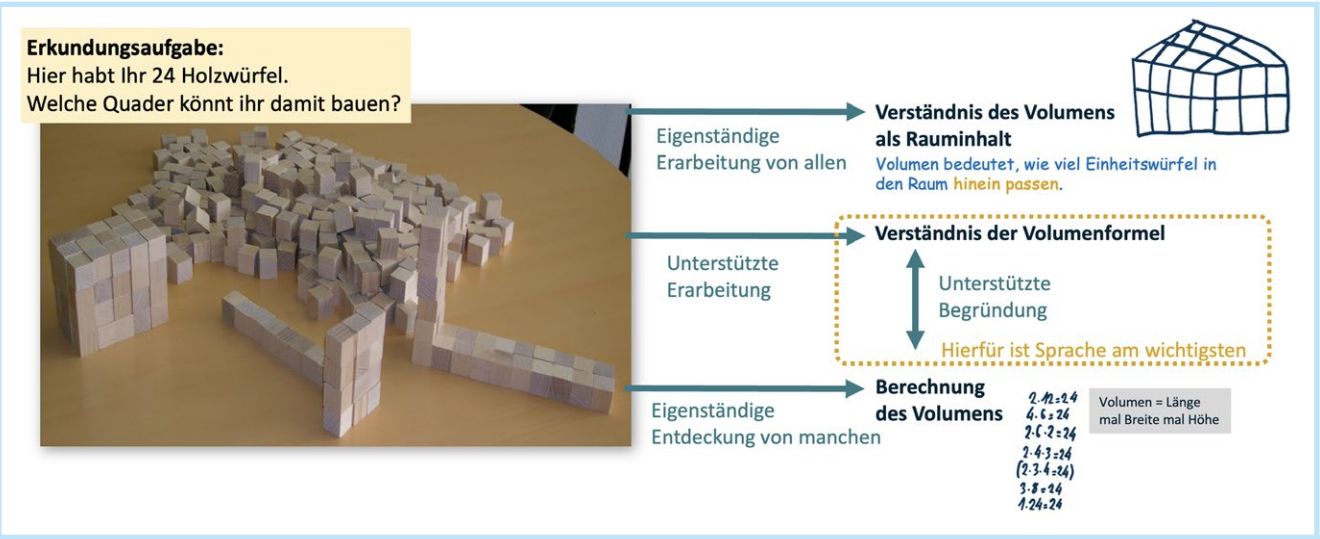


Abb. 1. Erste Erkundungsaufgabe auf dem Lernpfad zur Volumenformel

Bei jedem neuen Lerngegenstand stellt sich zunächst die Frage: Auf was genau kommt es fachlich an? Für das Beispiel Volumen von Quadern wird in einigen Schulbüchern direkt die Formel $V = h \cdot b \cdot l$ eingeführt und dann in Übungsaufgaben lediglich das Einsetzen in die Formel geübt, ohne Verständnis zu sichern. Bei diesem rein prozeduralen fachlichen Lernziel reicht es tatsächlich aus, die formalen Vokabeln „multiplizieren, Länge, Breite, Höhe und Volumen“ zu kennen. Denn mit diesen Sprachmitteln kann man den Rechenweg erläutern.

Doch haben Lernende damit noch nicht verstanden, was die Volumenformel bedeutet, so dass sie sie vermutlich kaum in Sachkontexten anwenden können. Zwei weitere fachliche Lernziele sind daher relevant:

- *Verständnis des Volumenkonzepts als Rauminhalt:* das Volumen erfasst, wie viel in einen Körper hineinpasst (z.B. wie viele Einheitswürfel).
- *Verständnis für die Volumenformel*: Warum rechnet man gerade „Länge mal Breite mal Höhe“, warum wird multipliziert statt addiert oder potenziert? Und warum werden eindimensionale Streckenlängen betrachtet, wenn doch dreidimensionale Würfel zu zählen sind?

Zum Verständnisaufbau hat sich bewährt (Prediger & Ademmer, 2018), statt mit der Vorgabe der Formel mit einer offenen Erkundungsaufgabe zu starten, wie in Abbildung 1 abgedruckt. In den 20 Klassen, in denen wir die Aufgabe eingesetzt haben

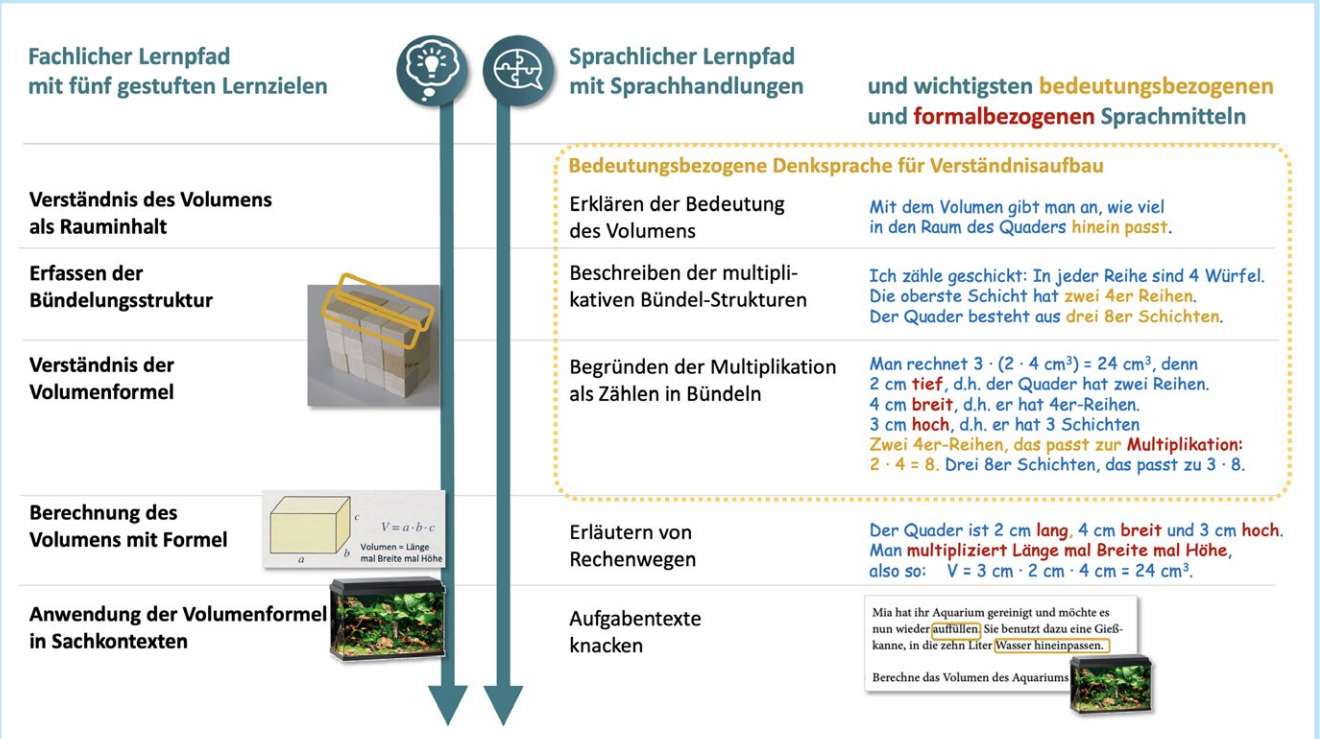


Abb. 2. Fachlicher und sprachlicher Lernpfad zum Verständnis der Volumenformel (zu doppelten Lernpfaden allgemein: Prediger, 2020)

(Ademmer & Prediger, eingereicht), konnten alle Lernenden daran das Verständnis des Volumens als Rauminhalt selbständig erarbeiten (und auch auf Schachteln u.ä. übertragen, bei denen das Hineinpassen noch sinnbildlicher wird). Einige Lernende entdeckten schon bei diesem Einstieg bereits die Volumenformel als Abkürzung für das Zählen der Würfel. Die meisten Lernenden brauchen beim Erarbeiten, warum die Volumenformel gilt, jedoch fachliche und sprachliche Unterstützung und eine gezielte Stufung der verschiedenen fachlichen Lernziele.

Abb. 2 gibt einen Überblick über den Lernpfad, der für einen verstehens-und sprachförderlichen Zugang zur Volumenformel konzipiert wurde und in 20 (auch inklusiven) Klassen erfolgreich erprobt wurde (Ademmer & Prediger, eingereicht). Insgesamt sind fünf fachliche Lernziele nacheinander anzupeilen, zu jedem gehören andere Sprachhandlungen, während die Sprachmittel von Stufe zu Stufe ausgeweitet werden.

1. *Lernstufe:* Zum Verständnis des Volumen-Konzepts gehört neben dem aktiven Bauen mit Würfeln (und z.B. Füllversuchen mit Wasser) auch das Versprachlichen, also dass die Kinder in Worte fassen können, was das Volumen bedeutet. Dies ist die Sprachhandlung *Erklären der Bedeutung* von Volumen, zu deren Formulierung man viele verschiedene Sprachmittel benutzen kann. Dennoch ist es ist hilfreich, in der Klasse auch gemeinsame Sprachmittel zu etablieren, damit sich alle verstehen. In Abb. 2 in Orange markiert sind die bedeutungsbezogenen Sprachmittel, die sich als gemeinsame Denksprache als besonders wichtig herausgestellt haben, um die fachlichen Strukturen zu versprachlichen.

2. *Lernstufe:* Wer auch die Volumen*formel* für Quader verstehen will, muss zunächst die fachlich relevante Struktur in dem Quader erfassen. Das sind die Bündel-Strukturen, mit denen man die Würfel geschickter als einzeln zählen kann. Unsere Forschung zeigt: Wenn Lernende die Bündel präzise, aber informell als fachliche Struktur *beschreiben* können z.B. mit „zwei 4er-Reihen“ und „drei 8er Schichten“, dann können sie auch verstehen, warum hier multipliziert wird. Diese bedeutungsbezogenen Sprachmittel sind daher auch in Orange markiert. Etabliert werden sie, indem die Lehrkraft sie immer wieder anbietet und mit den Sprachmitteln der Lernenden verknüpft, wie wir im nächsten Abschnitt zeigen.

3. *Lernstufe:* Mit dieser Vorarbeit können sie die Volumenformel verstehen und *begründen*, indem die Multiplikation an das Zählen in Bündeln (Reihen und Schichten) angeknüpft wird. Für die 2. und 3. Lernstufe des doppelten Lernpfads ist das *Einfordern der Sprachhandlungen* und das *Unterstützen durch geeignete Sprachmittel* am wichtigsten. Auf dieser Stufe kommen keine neuen bedeutungsbezogenen Sprachmittel hinzu, aber Lehrkräfte sollten darauf drängen, dass die „zwei 4er-Reihen“ tatsächlich explizit und präzise beschrieben werden. Diese werden dabei mit den formalbezogenen Sprachmitteln (lang, breit, hoch, Multiplizieren) explizit verknüpft.

4. *Lernstufe*: Das eigentliche Rechnen mit der Volumenformel ist dann wieder einfacher als Lernstufe 3, auch die Sprachhandlung Erläutern von Rechenwegen fällt den meisten Lernenden leichter als das Erklären von Bedeutungen und Beschreiben fachlicher Strukturen, wie unsere Unterrichtsbeobachtungen immer wieder zeigen.

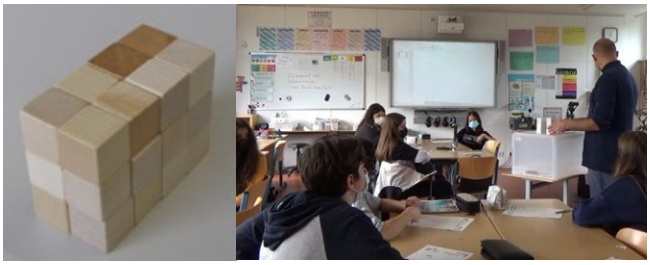
5. *Lernstufe:* Wer die 3. und 4. Lernstufe gut bewältigt hat, der kann Volumen meist auch in Sachkontexten anwenden. Die zugehörige Sprachhandlung, das *Knacken von Aufgabentexten*, erfordert das Verständnis der ersten vier Stufen und Lesestrategien. Bzgl. der Vokabeln lohnt sich hier oft eine defensive Strategie, die Aufgabentexte von unvertrauten Kontextwörtern zu entschlacken, um sich auf das Modellieren konzentrieren zu können.

Insgesamt ergibt sich so ein doppelter Lernpfad, zu jeder Stufe im fachlichen Lernpfad bestimmt man die jeweils relevante Sprachhandlung, und zu jeder Sprachhandlung die notwendigen Sprachmittel.

Was also ist entlang des Lernpfads die *fachlich relevante sprachliche Anforderung*? Während Fachlehrkräfte schon immer die formalbezogene Sprache ihres Faches im Blick hatten, die für die vierte Lernstufe wichtig ist, ist für die 1.-3. Lernstufe eine informelle Sprache entscheidend für die Verstehensprozesse: Als *bedeutungsbezogene Denksprache* wird jener Teil der Bildungssprache bezeichnet (z.B. in Prediger, 2020), der für die Bedeutungskonstitution zentral ist, nämlich die informelle, aber explizite und präzise Sprache, mit der man *Bedeutung erklären und mathematische Strukturen beschreiben kann*, in diesem Beispiel z.B. die Sprachmittel „hinein passen“ oder „zwei Vierer“. Diese muss man erwerben, um sich über die relevanten mathematischen Strukturen und die relevanten Vorstellungen verständigen und (mit verinnerlichter Sprache) denken zu können.

3.2 Bedeutungsbezogene Denksprache sukzessive aufbauen im Klassengespräch

Wie eine solche bedeutungsbezogene Denksprache konkret im Klassengespräch aufgebaut werden kann, zeigt der folgende Einblick in die Systematisierungsphase aus einer Klasse, in der alle Kinder bereits mit Würfeln Quader gebaut hatten (Ademmer & Prediger, eingereicht). Die Kinder haben das Interesse, die Quader zu vergleichen, die sie gebaut haben. Der Lehrer aber nutzt die Situation für eine weitere Lernstufe, denn er etabliert damit das Erfassen der Bündelstrukturen (Lernstufe 2) und die zugehörige bedeutungsbezogene Denksprache der Bündel.



21 Lehrer: Gut. Hat noch jemand eine Idee, wie man das noch anders bestimmen kann, die Anzahl? Auch geschickt, aber irgendwie anders?
22 Dilara: Also man rechnet jetzt mal die Vorderseite, z.B. also 4 + 4 + 4
23 Lehrer: Wir zeigen das mal.
24 Dilara: Also 4 + 4 + 4 [*Dilara zeigt auf die einzelnen Reihen mit je 4 Würfeln*] und dann das Ergebnis mal 2.
25 Lehrer: Aha. Ich will das noch einmal zeigen und ihr sollt gut aufpassen, ob ich Dilara richtig verstanden habe. [*Baut Vorderseite Reihe auf Reihe auf*]. Also, du sagst drei Vierer.
26 Jona: Das sind 12 und dann mal 2
27 Lehrer: Also wieder zwei Scheiben. Habe ich Dilara denn richtig verstanden?
28 mehrere: Ja.
29 Lehrer: Ok. Gibt es noch Ideen, wie man die Anzahl noch geschickt bestimmen kann?
30 Ute: 3 mal 8?
31 Lehrer: Ok. Und jetzt erklär mal!
32 Ute: [*legt drei 8er Schichten auf Tisch nebeneinander*] Also, das sind so drei Etagen, so. Und eine Etage ist acht. Und drei mal acht sind 24.

(Transkript gekürzt und zugespitzt aus Ademmer & Prediger, eingereicht)

Die Kinder nutzen gute Ideen und verschiedene Strukturierungen des Quaders. Die Beschreibung der Strukturierungen erfolgt jedoch meist vage oder in Rechensprache, Ute ist die einzige, die ihre Ideen mit den drei Etagen von je 8 Würfeln selbständig präzise und bedeutungsbezogen ausdrücken kann. Für andere Lernende macht der Lehrer immer wieder Angebote (auch unorthodoxe Angebote wie Scheiben, um die vertikale Strukturierung auch als Bündel für die ganze Klasse greifbar zu machen). Der Lehrer nutzt typische Gesprächsführungsstrategien, die sich für einen verstehens- und sprachförderlichen Unterricht immer wieder bewähren:

- Erläuterung vieler Strategien *einfordern* durch beharrliches Fragen (Z. 21, 29)
- Beschreiben und Erklären *einfordern und unterstützen* durch Nachfassimpulse (Z. 31)
- Lernendenäußerungen *sukzessive ausbauen* durch Vernetzen mit Darstellung und Materialhandlungen (Z. 25, 31)
- Lernendenäußerungen *sukzessive ausbauen* durch Überformen auf höheres Sprachniveau (Z. 25: von 4+4+4 zu drei Vierer)

Wir haben viele Unterrichtsstunden beobachtet und Unterrichtsvideos daraufhin analysiert, was eine sprachförderliche und verstehensförderliche Gesprächsführung ausmacht. Und immer wieder sehen wir, dass auch sprachlich schwächere Lernende beschreiben und erklären können, wenn dies immer wieder eingefordert und konsequent unterstützt wird.

Wie in dieser Szene *erläutern* allerdings viele Lernende lieber ihre *Vorgehensweisen*, als dass sie die *fachlichen Strukturen dahinter beschreiben* und die *Bedeutung erklären*. Damit alle Lernenden diese beiden Sprachhandlungen lernen, können Lehrkräfte viel beitragen. So wie in dieser Szene können sie die Sprachhandlungen der Lernenden gezielt unterstützen, indem sie immer wieder nachfragen und einzelne Satzbausteine anbieten, mit denen man die Ideen ausdrücken kann.

Gerade wenn die Sprache langfristig entwickelt werden soll, ist die Vernetzung zu graphischen oder materialen Darstellungen notwendig und zu den eigensprachlichen Ressourcen, die die Kinder mitbringen. Die „zwei 12er-Scheiben“ (Z. 26/27) z.B. hätten am Anfang vielleicht nicht alle Kinder verstanden, aber durch die Verknüpfung mit dem Material wird die Bedeutung klar und der Satzbaustein als gemeinsame Denksprache für alle etabliert.

Viele Lernenden sprechen (nicht nur in dieser Szene) zunächst recht vage in ihrer Alltagssprache, mit viel Zeigen und Auslassungen. Oft bleibt dies im Unterricht so stehen und man springt davon direkt zur formalbezogenen Fachsprache. Doch liegt dem oft das Missverständnis zugrunde, dass die Alltagssprache der Lernenden für Verstehensprozesse ausreichend ist. Dies gilt zwar für einige sprachlich Starke (wie hier Ute), für viele andere jedoch nicht. Die alltagssprachlichen impliziten und unpräzisen Ausdrücke wie „das da“, „hier“, „und dann“ reichen nicht aus, um damit mathematische Strukturen präzise zu beschreiben. Wenn dennoch direkt von dieser vagen Alltagssprache zur formalbezogenen Fachsprache übergegangen wird, dann fehlt ggf. die hinreichend präzise Grundlage, an die die Lernenden die formalbezogene Sprache anknüpfen können.

Der Lehrer in der obigen Szene dagegen würdigt zwar die alltagssprachlichen und rechensprachlichen Äußerungen der Lernenden, doch baut er sie zu einer bedeutungsbezogenen Denksprache aus, mit der man fachliche Strukturen informell, aber explizit und präzise beschreiben kann. In anderen Szenen aus demselben Unterricht fordert er dann auch von den Lernenden die Nutzung der etablierten bedeutungsbezogenen Sprachmittel (wie drei Vierer) explizit ein, denn nur durch die eigene Nutzung gehen sie in den aktiven Sprachgebrauch der Lernenden über.

4 Lernpfad mit bedeutungsbezogener Denksprache am Biologie-Beispiel Evolution

Der Ansatz des doppelten Lernpfads und die Relevanz der bedeutungsbezogenen Denksprache lässt sich auch auf fachliche Konzepte anderer Fächer übertragen, wie das folgende Beispiel zur Evolutionsbiologie zeigt. Der fachliche Lernpfad startet wie in vielen Fachdidaktiken bei Ausgangsphänomenen in Alltagssituationen, die die alltäglichen Vorstellungen der Lernenden mobilisieren sollen:

Einen klassischen Einstieg in das Thema Evolution bieten offene Aufgaben zur Diagnose von Lernendenvorstellungen, zum Beispiel anhand einer Aufgabe zur Farbvariation von Birkenspannern, Nachtfaltern aus einem britischen Industriegebiet: Die

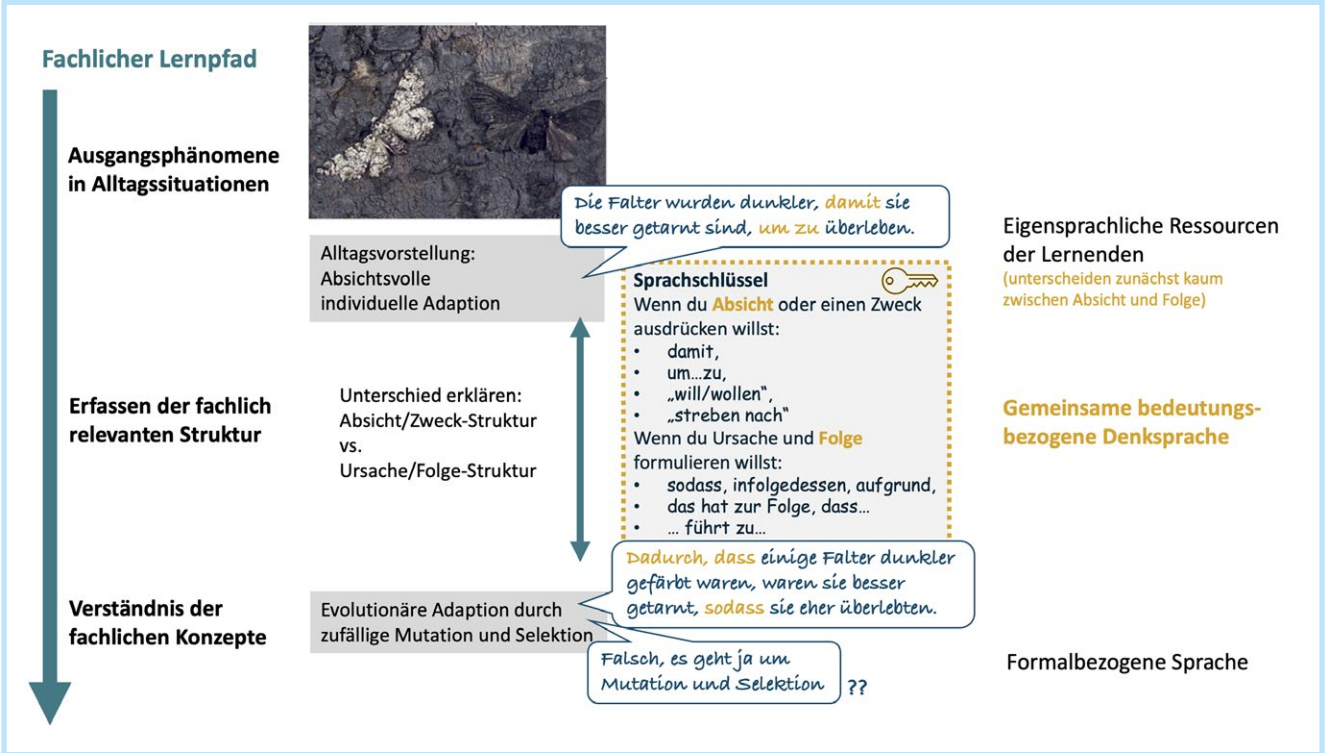


Abb. 3. Identifizieren der bedeutungsbezogenen Denksprache für das Biologie-Konzept evolutionärer Anpassung

Falter waren ursprünglich überwiegend weiß, jedoch traten im Verlauf der Industrialisierung in Industriegebieten mit der Zeit überwiegend dunkle Varianten auf (Abb. 3). Wie hat sich die überwiegend dunkle Farbe bei den Faltern entwickelt? Typischerweise beschreiben einige Lernende diesen Anpassungsprozess so wie Lea: „Die Falter wurden dunkler, damit sie besser getarnt sind, um zu überleben." Biologielehrkräfte erkennen darin eine gut dokumentierte nicht tragfähige Vorstellung (Baalmann et al., 2004), denn Leas Formulierung entspricht insofern noch nicht dem wissenschaftlichen Konzept stammesgeschichtlicher Evolution, als sie nicht evolutionäre Angepasstheit als Ergebnis von (zufälliger) Mutation und nachfolgender Selektion thematisiert, sondern etwas Willentliches hineinlegt.

Es würde nun im Unterrichtsgespräch wenig helfen, wenn die Lehrkraft antwortet, „Falsch, das stimmt so nicht, es geht um Variation durch zufällige Mutation und nachfolgende Selektion". Denn die fachlichen Konzepte der Variation und Selektion sollen ja erst erarbeitet werden, um die Angepasstheit der Falter zu erklären.
Dabei zeigen sich die alternativen Vorstellungen von Lernenden oft als erstaunlich resistent gegenüber Instruktion (Shtulman et al., 2016). Entsprechend wurden Ansätze und Vorschläge entwickelt, wie ihre Umstrukturierung unterstützt werden kann, z.B. durch das Anknüpfen an die Vorstellung der Lernenden, das Erzeugen eines kognitiven Konfliktes, oder durch Metakognition (Krüger, 2007).
Die Lehrkraft könnte versuchen, den Unterschied zu klären, indem sie der Schülerin Lea vielleicht antwortet, „Nee, so ist das nicht. Sondern dadurch, dass einige Falter dunkler gefärbt waren, waren sie besser getarnt, so dass sie eher überlebt haben als die hellen." Doch es ist nicht untypisch, wenn Lea jetzt antwortet, „Sag ich doch." Also muss man über die Unterschiede in beiden Aussagen überhaupt erst einmal mit den Lernenden ins Gespräch kommen. Wie kann das Einbeziehen und Entwickeln der Denksprache nun dabei unterstützen?

Ähnlich wie in dem Volumen-Beispiel aus dem Mathematikunterricht fehlt vielen Lernenden die Denksprache, um Unterschiede zwischen den fachlich relevanten Strukturen genau zu beschreiben.
Um die relevante Denksprache zu identifizieren, wird spezifiziert, welche fachlich relevanten Strukturen den tragfähigen und nicht tragfähigen Vorstellungen zum Erklären evolutionärer Anpassung zugrunde liegen. Gut dokumentiert ist in der biologiedidaktischen Forschung die alternative Vorstellung, dass sich Individuen mit Absicht verändern (Baalmann et al., 2004). Dann wird eine finale Absicht- und Zweck-Struktur („um…zu") herangezogen, die sich erheblich und fachlich bedeutsam unterscheidet von der Ursache-Folgen-Struktur („so, dass…") der evolutionären Angepasstheit durch das Zusammenspiel aus zufälligen Prozessen wie der Mutation und der Selektion (als nicht-zufälliger Prozess).
Die eigensprachlichen Ressourcen, die Lernende wie Lea mitbringen, sind ggf. noch nicht präzise genug, um diese zwei Strukturen zu unterscheiden. Das heißt, die gemeinsame bedeutungsbezogene Denksprache, die hier für die Lernenden hilfreich wären, umfasst genau diejenigen Sprachmittel, mit denen Absicht-Zweck-Strukturen und Ursache-Folgen-Strukturen artikuliert werden können.
Dazu wird den Lernenden eine Formulierungshilfe angeboten (in Abb. 3 „Sprachschlüssel" genannt), mit denen die Lernenden sich informell, aber präzise über die unterschiedlichen Strukturen austauschen können. Eine weitere Möglichkeit besteht

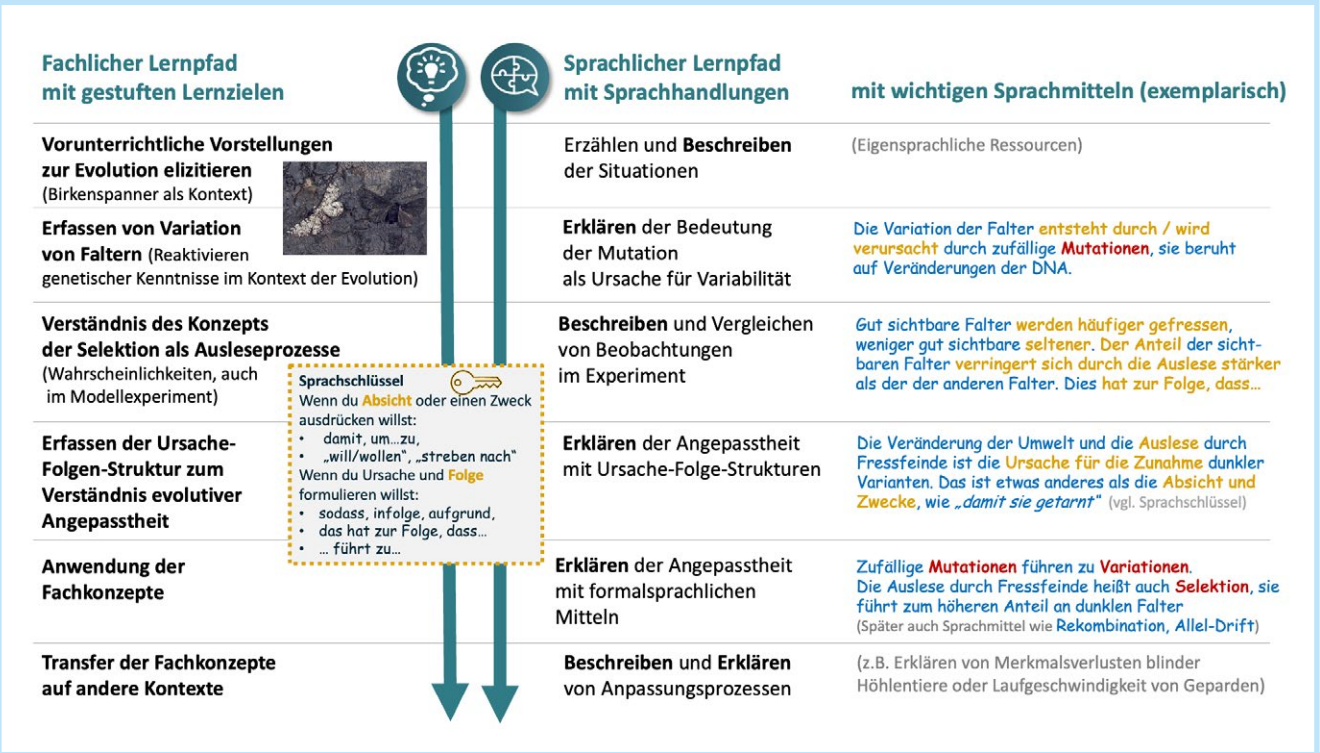


Abb. 4. Möglicher Lernpfad im Evolutionsunterricht zum Thema „Anpassungsprozesse"

darin, eine Auswahl an fachlich angemessen und unangemessen formulierter Aussagen zum gleichen Sachverhalt anzubieten. Beim Diskutieren der Angemessenheit beschäftigen sich die Lernenden mit den angebotenen bedeutungsbezogenen Sprachmitteln. Diese können im Anschluss in unterschiedlichen Kontexten eingeübt werden. Die Einführung der abstrakten formalbezogenen Fachkonzepte „Selektion", „Mutation" und „Variation" erfolgt erst, nachdem die relevanten Strukturen verstanden wurden.

Bei der Unterrichtsplanung wird hier zunächst überlegt, welche Sprachmittel die Lernenden benötigen, um die Bedeutungen der Fachkonzepte „Selektion", „Mutation" und „Variation" zu verstehen und selbst zu erklären. Die intensive sprachliche Auseinandersetzung hilft den Lernenden in diesem Beispiel nicht nur, die fachliche Struktur („Ursache - Folge") besser zu formulieren, sondern unterstützt dadurch das Verstehen der fachlichen Zusammenhänge, indem die fachlich relevante Sprache eingefordert und unterstützt wird.

Es lohnt sich also, neben den bekannten Ansätzen zum Konzeptwandel und der Klärung von Fachkonzepten auch im Biologieunterricht die bedeutungsbezogene Denksprache im Unterricht explizit in den Blick zu nehmen, um die Entwicklung fachlich angemessener Vorstellungen zu unterstützen.

5 Übertragung von Lernpfad und bedeutungsbezogener Denksprache auf andere Fächer

Die Strukturierung dieses doppelten Lernpfads ist verallgemeinerbar auf die abstrakten Konzepte auch in vielen anderen Fächern. Der verallgemeinerte Lernpfad in Abb. 4 folgt auf der fachlichen Seite den Prinzipien vieler Fachdidaktiken (Wagenschein, 1968): Man geht aus von den Vorerfahrungen, die Lernende aus Alltagssituationen mitbringen. Die Aufgabenstellungen und die Gesprächsführung sorgen dafür, dass die Lernenden daran die fachlich relevanten Strukturen erkennen und daraus ein Verständnis der fachlichen Konzepte aufbauen. Darauf aufbauend können die fachlichen Prozeduren erarbeitet und schließlich die Konzepte und Prozeduren in vielfältigen, auch komplexeren Sachkontexten angewandt werden.

Neu kommt im sprachbildenden Fachunterricht das Durchdenken hinzu, welche Sprachhandlungen und Sprachmittel dafür jeweils notwendig sind (Prediger, 2020). Dabei zeigen sich bei vielen fachlichen Konzepten (nicht nur für unser Quader-Volumen und für die Evolution) immer wieder ähnliche Sprachhandlungen für die jeweiligen Lernstufen als relevant: Am Anfang dürfen Kinder und Jugendliche zunächst *aus ihren Alltagssituationen erzählen*, das bewältigen sie meist gut mit Alltagssprache. Doch dann folgt das präzisere Fassen der Phänomene: Um die fachlich relevanten Strukturen explizit und präzise zu *beschreiben*, wird bedeutungsbezogene Denksprache gebraucht. Wenn man die Denksprache etabliert hat, dann können Lernende auch von hinten die Bedeutung der Konzepte *erklären*. Später kommen für das Prozedurale und Innerfachliche vielleicht weitere Sprachmittel hinzu, diese werden dann angeknüpft an die Denksprache, die zuvor etabliert wurde.

Fachlich gut ausgebildeten Lehrkräften fällt beim Planen solcher Lernpfade oft zunächst die formalbezogene Fachsprache ein. Für einen verstehensförderlichen sprachbildenden Fachunterricht können sie daher von den formalbezogenen Sprach-

Abb. 5. Fachlicher und sprachlicher Lernpfad: Verallgemeinerbar für viele fachliche Konzepte aller Fächer

mitteln ausgehend überlegen, was Lernende brauchen, um die Bedeutung dieser formalbezogenen Konzepte erfassen zu lernen. Danach suchen sie die möglichen Anknüpfungspunkte in der Alltagssprache der Lernenden.

Diese verknüpften Lernpfade haben sich als gute Planungshilfe für Unterrichtseinheiten herausgestellt. Lehrkräfte müssen sie nicht immer selbst erfinden, zumindest für Mathematikunterricht wurden bereits 15 Einheiten entlang der Lernpfade ausgearbeitet und auf der SiMa-Plattform zur Verfügung gestellt (sima.dzlm.de/um bzw. /bk).

Immer wieder zeigte sich, dass zum Erreichen fachlich anspruchsvoller konzeptueller Lernziele auch reichhaltige Sprachhandlungen erforderlich sind. Neben den formalbezogenen Sprachmitteln, die den Designerinnen und Lehrkräften bewusst waren, musste jeweils die bedeutungsbezogene Denksprache (auch durch Beobachtung der Lernenden) erst herausgearbeitet werden um informelle, aber explizite und präzise Sprache über fachliche Strukturen bereit zu stellen. Dass sich dies auch für andere Fächer zu lohnen scheint, zeigt das Evolutionsbeispiel.

Danksagung

Der Artikel ist entstanden im Rahmen der Kooperation zwischen dem Landesinstitut für Lehrkräftebildung und Schulentwicklung Hamburg und dem Deutschen Zentrum für Lehrkräftebildung Mathematik, im Projekt FachBiss (finanziert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF-Förderkennzeichen 01JI2001E). Wir danken Claudia Ademmer für die Unterrichtsszene zum Volumen.

Literatur

Ademmer, C. & Prediger, S. (eingereicht). How to connect ideas afterwards? Decomposing teachers' facilitation practices for conceptual learning opportunities. Eingereichtes Manuskript.

Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10*(1), 7–28.

Erath, K., Ingram, J., Moschkovich, J., & Prediger, S. (2021). Designing and enacting instruction that enhances language for mathematics learning: A review of the state of development and research. *ZDM - Mathematics Education, 53*(2), 245–262. https://doi.org/10.1007/s11858-020-01213-2

Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hg.), Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (S. 81-92). Berlin: Springer.

Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Fachunterricht*. Bonn: Varus.

Paetsch, J., Radmann, S., Felbrich, A., Lehmann, R. & Stanat, P. (2016). Sprachkompetenz als Prädiktor mathematischer Kompetenzentwicklung von Kindern deutscher und nicht-deutscher Familiensprache. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie 48*(1), 27–41.

Prediger, S. (2020). *Sprachbildender Mathematikunterricht in der Sekundarstufe – ein forschungsbasiertes Praxisbuch*. Berlin: Cornelsen.

Prediger, S. & Ademmer, C. (2018). Volumen von Quadern - Messen und Rechnen mit Würfeln. Verstehens- und sprachförderliche Unterrichtseinheit. Open Educational Ressource. Frei verfügbar auf der Sima-Webseite: sima.dzlm.de/um/5-003

Prediger, S. & Neugebauer, P. (2023). Can students with different language backgrounds profit equally from a language-responsive instructional approach for percentages? *Mathematical Thinking and Learning, 25*(1), 2–22.

Prediger, S., Erath, K., Weinert, H. & Quabeck, K. (2022). Only for multilingual students at risk? Cluster-randomized trial on language-responsive instruction. *Journal for Research in Mathematics Education, 53*(4), 255–276.

Shtulman, A., Neal., C., & Lindquist, G. (2016). Children's ability to learn evolutionary explanations for biological adaptions. *Early Educational and Development, 27*(8), 1222–1236.

Ufer, S., Reiss, K., & Mehringer, V. (2013). Sprachstand, soziale Herkunft und Bilingualität: Effekte auf Facetten mathematischer Kompetenz. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann, & H. J. Vollmer (Hg.), *Sprache im Fach – Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 167–184). Münster: Waxmann.

Wagenschein, M. (1968). *Verstehen lehren. Genetisch – Sokratisch – Exemplarisch*. Weinheim: Beltz.

Prof. Dr. Susanne Prediger, susanne.prediger@dzlm.de, hat eine Professur für Fachdidaktik und fachbezogenen Erkenntnistransfer an der TU Dortmund und dem IPN Berlin.

Anneke Vogel ist Lehrerin am Gymnasium Allee in Hamburg und Referentin für Sprachbildung in allen Fächern am Landesinstitut für Schule in Hamburg.