Was häufig ungesagt bleibt …
Ein linguistischer Blick auf Mathematik und Physik

Christiane Metzger und Peter Riegler

1 Einleitung

Dieser Beitrag wurzelt in unserer gemeinsamen mehrjährigen Erfahrung mit *Decoding the Disciplines* (Pace 2017; Middendorf & Shopkow 2018). Dabei geht es in der Regel um die Offenlegung von disziplinspezifischem Handlungswissen, über das Lehrende als Expert*innen ihres Fachs verfügen, das sie aber aufgrund der impliziten Natur dieses Handlungswissens gegenüber Studierenden nicht explizieren können. Ausgangspunkt für *Decoding*-Prozesse sind regelmäßig (fachspezifische) Lernhürden Studierender. Häufig lassen sich diese nach Offenlegung des impliziten Handlungswissens von Lehrenden beseitigen. Man kann das Anliegen von *Decoding* so formulieren, dass es das Unausgesprochene in der Lehre aufspürt. Dieses Unausgesprochene müssen Lernende als Noviz*innen ihres Fachs, solange es implizit bleibt, irgendwie selbst herausfinden, oder sie bleiben in ihrem Lernprozess stecken.[1]

In der pädagogischen Psychologie wird Expertise als „dauerhafte Leistungsexzellenz innerhalb einer bestimmten Domäne“ definiert, die sich vor allem in einer besonderen Problemlösefähigkeit ausdrückt (Gruber, Scheumann & Krauss 2019, S. 54). Sie zeichnet sich dadurch aus, dass die Verknüpfung zwischen kognitiven Strukturen (Gedächtnis und Wissen) und kognitiven Prozessen (Problemlösen und Entscheiden) selbstverständlich ist. Expert*innen sind flexibler bei komplexen Problemlöseprozessen als Noviz*innen, was sich in drei Fähigkeiten niederschlägt (Gruber & Stamouli 2020):

1 Der Fokus auf dem Unausgesprochenen ist kein Alleinstellungsmerkmal von Decoding. Auch andere didaktische Herangehensweisen nehmen diese Perspektive ein, u. a. die „Fehlkonzept“-Forschung (z. B. Neidorf et al. 2020; Hughes et al. 2013).

- Fähigkeit, mentale Repräsentationen von Problemen zu variieren und somit zu verschiedenen Hypothesen zu gelangen;
- Fähigkeit, die Analyseebenen situativ zu verändern, also etwa oberflächlich versus prinzipienorientiert zu argumentieren;
- Fähigkeit, Verarbeitungsstrategien zu wechseln und damit Aufgaben schneller und erfolgreicher zu lösen.

Die Expertise von Lehrenden weist oft sprachliche Aspekte auf. Aus einer soziolinguistischen Perspektive ist Expertise „das Resultat eines komplexen diskursiven (…) Prozesses, in dem unter anderem Verhandlungen von Deutungsansprüchen, semiotische Register, Sozialisationsprozesse, institutionelle Hierarchien und Wissensideologien eine zentrale Rolle spielen" (Spitzmüller 2021, S. 1). Die Zuschreibung bzw. das Aberkennen von Expertise kann „als Teil der Aushandlung von sozialen Rollen und damit verbundenen Handlungsmöglichkeiten" betrachtet werden, „in denen also immer auch Machtverhältnisse zum Ausdruck kommen" (Kasper & Purschke 2021, S. 128).

Als Mitglieder wissenschaftlicher Fachgemeinschaften verfügen Lehrpersonen über eine hohe fachsprachliche Kompetenz. Diese konstituiert sich über das Beherrschen der fachspezifischen Terminologie, Textsorten und Diskursregeln. Eigenschaften von Fachsprachen sind Deutlichkeit, Verständlichkeit, Ökonomie, Anonymität, Identitätsstiftung und Sachlichkeit (Flinz 2019). Fachsprachen kommen zwei wesentliche kommunikative Funktionen zu:

> Nicht nur werden sie benötigt, um sich überhaupt in einer fachlich-funktional angemessenen Form über fachspezifisch interessierende Gegenstände und Sachverhalte verständigen zu können. Sie weisen auch diejenigen, die sie beherrschen, als Mitglieder einer Gemeinschaft von Expertinnen und Experten aus, und zwar sowohl – mehr oder weniger kompetitiv – innerhalb der eigenen Expertengemeinschaft, als auch – mehr oder weniger exklusiv – außerhalb der eigenen Expertengemeinschaft. (Janich 2012, S. 11)

In diesem Sinne haben Fachsprachen eine identitätsstiftende Funktion.

Fachsprachkompetenz als Merkmal der Expertise von Hochschullehrenden haben wir in unserer Arbeit mit Decoding an verschiedenen Stellen beobachtet. Daher möchten wir in diesem Beitrag Expertise aus einer linguistischen Sicht betrachten. Solche Aspekte können recht naheliegend sein, z. B. die Verwendung von Fachvokabular. Sie können aber auch tiefgreifende kognitive Prozesse umfassen, wie die besondere Art der Sprachverarbeitung durch Expert*innen. Selbst wenn sie nicht immer rein sprachlicher Natur sind, lassen sich Charakteristika von Expertise mit linguistischen oder sprachpsychologischen Konstrukten beschreiben und damit aussprechbar machen.

Neben dieser Entschlüsselung von sprachlichen Bestandteilen von Fachexpertise geht es uns im Sinne wissenschaftsdidaktischer Überlegungen auch darum, Sprache und Verhalten von Lehrpersonen als Mitgliedern von Fachgemeinschaften zu betrachten. Denn versteht man es als Ziel von Hochschulbildung, Studierenden den Zugang zu disziplinären wissenschaftlichen Praktiken zu ermöglichen, so ist es Aufgabe wissenschaftsdidaktischer Arbeit, die damit verbundenen impliziten geteilten Grundannahmen und Werte dieser Fachgemeinschaften zu explizieren, sie für Studierende zugänglich zu machen und mit ihnen in einen Erschließungs- und kritischen Verständigungsprozess darüber einzutreten (Jenert & Scharlau 2022a). Dafür ist es notwendig, sich als Lehrperson im Zuge des didaktischen Handelns in die Lernenden hineinzuversetzen, um ihren Blick auf den Lerngegenstand zu begreifen (Jenert & Scharlau 2022b). Durch dieses empathische Nachvollziehen der Sichtweise der Lernenden auf den Gegenstand oder auch auf die Lehrperson sowie durch die Verständigung über die Praktiken wissenschaftlicher Disziplinen kann sich die eigene Perspektive auf den Gegenstand und seine Bedeutsamkeit verändern. In diesem Sinne kann didaktisches Handeln also die Erkenntnis über den zu vermittelnden Gegenstand beeinflussen und Transformationsimpulse liefern (Jenert & Scharlau 2022a und b). Hier sehen wir eine Zielperspektive, die Decoding und Wissenschaftsdidaktik verbindet bzw. durch die Decoding als eine Methode wissenschaftsdidaktischen Handelns betrachtet werden kann: Probleme der Lehre und des Lernens zu identifizieren, die u. a. durch Kommunikation und Sprache erzeugt werden, und daraus abgleitet Lehr- und Lernarrangements weiterzuentwickeln.

Ziel unseres Beitrags ist es zum einen, durch die Betrachtung von linguistischen Aspekten exemplarisch die Expertise von Lehrenden herauszuarbeiten, die sich in sprachlichen Ausdrücken manifestiert, und ausgewählte Facetten der Expertise auf diese Weise sichtbar zu machen. Zum anderen soll die Sprache bzw. die Kommunikation von Lehrenden mit Studierenden im Hinblick auf soziolinguistische und wissenschaftsdidaktisch relevante Aspekte hin analysiert werden. Fachlich konzentrieren wir uns auf Mathematik und Physik.

Wir hoffen, durch den Fokus auf sprachliche Aspekte ein Reflexionsmittel für die Lehre anzubieten: Lehrenden kann der Beitrag eine Außenperspektive bieten und als Impuls für die Reflexion des eigenen Handelns sowie der disziplinären Konventionen, Grundannahmen und Werte dienen, infolgedessen ggf. Lehrentwicklungsmaßnahmen angestoßen werden können. Hochschuldidaktiker*innen können Lehre mit diesem Fokus beobachten, analysieren und die Erkenntnisse in die Entwicklungsarbeit einfließen lassen.[2]

2 Wir bedanken uns bei Ingrid Scharlau für ihre ausführliche Rückmeldung zur ersten Textfassung, die diesen Beitrag sehr bereichert hat.

1.1 Kennzeichnung von Mathematik und Physik

Immer wieder wird festgestellt, dass es keine allgemein akzeptierte Definition von Mathematik, sondern vielmehr verschiedene Antworten auf die Frage gibt, was Mathematik ist (Loos & Ziegler, 2016). Albrecht Beutelspacher (2016, S. 13 ff.) bietet folgende Perspektive an, die wir aufgrund ihrer Anschaulichkeit für diesen Beitrag gewählt haben, um die Disziplin Mathematik zu skizzieren:

1. Man kann Mathematik dadurch definieren, dass man sie inhaltlich beschreibt, also die Objekte benennt, die in der Mathematik untersucht werden. Traditionell unterscheidet man Geometrie, Algebra, Analysis und Stochastik. (…)

2. Man kann Mathematik auch dadurch definieren, dass man ihre Methode beschreibt, die sie aus der Menge aller anderen Wissenschaften heraushebt. Was die Mathematik wirklich auszeichnet, ist der Beweis, also die rein logische Ableitung ihrer Aussagen. (…)

3. Man kann auch den Blick nach außen wenden und das Augenmerk auf die Beschreibung und Beherrschung der Welt durch die Mathematik richten. (…) Mathematik ist das mächtigste Instrument, mit dem wir die Welt um uns herum beschreiben, erkennen und strukturieren können.

4. Eine moderne (…) Beschreibung stammt von dem Mathematiker Hans Freudenthal (…). Er sagt: ‚Mathematische Begriffe, Konzepte und Verfahren sind Werkzeuge, mit denen wir Phänomene der physikalischen, der sozialen und der mentalen Welt gedanklich organisieren.' In dieser Definition kommt deutlich zum Ausdruck, dass Mathematik von Menschen gemacht wird: ‚Wir … organisieren.' Mathematik entsteht nicht von alleine, sondern durch aktives Handeln von Menschen.

Sprachliche Konventionen können je nach Sprachgemeinschaft unterschiedlich sein. Dies kann auch auf formale Symbolsprache zutreffen, derer sich verschiedene Fachgemeinschaften bedienen. Die Kenntnis dieser Konventionen ist auch und gerade für Sprecher*innen wichtig, die mehreren Sprachgemeinschaften angehören bzw. die in verschiedenen Gemeinschaften kommunizieren, bspw. als Lehrperson, die Mathematik in verschiedenen Studiengängen lehrt. Um diesen Aspekt beleuchten zu können, betrachten wir hier neben der „Sprachgemeinschaft" bzw. Disziplin Mathematik auch die Physik.

Wie im Fall der Mathematik ist das Formulieren einer allgemein akzeptierten Definition von Physik schwierig. Auch hier können die vier Perspektiven von Beutelspacher helfen. Die Fragen nach Inhalt und idiosynkratischen Methoden ließen sich ohne große Schwierigkeit beantworten und fallen natürlich anders aus als bei der Mathematik. Sie sind aber für diesen Beitrag nicht relevant. Von Bedeutung sind die beiden anderen von Beutelspacher bemühten Perspektiven, die bereits im Falle der Mathematik einen Bezug zur Physik herstellen: Mathematik als Instrument zur Beschreibung der physikalischen Beobachtungen und Konzepte; Physik als Gegenstand, der mit den Methoden der Mathematik geeignet gedacht und kommuniziert werden kann.

Wir zielen hier nicht auf eine Abgrenzung der Disziplinen Mathematik und Physik ab, sondern auf den Aspekt, der beiden gemein ist: Physik nutzt Methoden und Formalismen der Mathematik. Aus diesem Grund ist die Mathematik ein integraler inhaltlicher Bestandteil des Schul- und Studienfachs Physik: Das Beherrschen gewisser mathematischer Fertigkeiten ist Voraussetzung, um Physik betreiben zu können, so wie das Beherrschen bestimmter Bewegungsabläufe Voraussetzung für das Betreiben einer Sportart ist.

Für unsere linguistischen Überlegungen ist der zweite von Beutelspacher im o. g. Zitat genannte Aspekt (Definition von Mathematik über die Beschreibung ihrer Methode) besonders relevant: Beutelspacher hebt hervor, dass „Mathematik (…) Begriffe (behandelt), die klar definiert sind: Dreiecke, Vierecke, Kreise, ganze Zahlen, Primzahlen, Funktionen und so weiter. Sie behandelt Eigenschaften dieser Begriffe und Beziehungen dieser Eigenschaften (…). Durch diese logischen Beziehungen wird Ordnung in die Welt der Begriffe gebracht“ (Beutelspacher 2016, S. 14). Dieser Blick auf die Mathematik erscheint uns im Kontext unserer Betrachtungen besonders bedeutsam: Denn die Erkenntnis, dass es in der Mathematik um „klare Definitionen“, um „logische Beziehungen“ und „Ordnung“ geht, verleitet zu der Annahme, dass auch die formale Sprache, über die diese Definitionen, Beziehungen und Ordnungen kodifiziert werden, „klar“ und „eindeutig“ ist. So können Lai*innen aufgrund dieser Annahme der Auffassung sein, dass ein verwendetes Symbol genau *eine* Bedeutung tragen müsse bzw. könne, dass z. B. „x“ immer für eine kartesische Koordinate stehe.

Diese „Klarheit“ und „Eindeutigkeit“ trifft für Expert*innen bestimmt auch zu. Dennoch unterliegen auch formalsprachliche Ausdrücke von Menschen vertretenen Konventionen: Diese sind von kompetenten Sprecher*innen einer (Fach-)Sprache internalisiert und oft nicht ohne Weiteres benennbar. Gerade solche impliziten Konventionen stellen für Lernende eine besondere Herausforderung dar. Im Sinne der Enkulturation Studierender in ein Fach (Jenert & Scharlau 2022a) ist es u. E. sinnvoll, Lernende und Lehrende für diese Konventionen zu sensibilisieren, bspw. um Fehlvorstellungen entgegenwirken und Missverständnisse vermeiden und darüber hinaus in Verständigungsprozesse über die Praktiken wissenschaftlicher Disziplinen eintreten zu können.

In diesem Gedanken der Konventionsgebundenheit von formalsprachlichen Ausdrücken findet sich der vierte von Beutelspacher bzw. Freudenthal genannte Blick auf Mathematik wieder: dass Mathematik durch aktives Handeln von Menschen entsteht. Dieser Gedanke ist für die wissenschaftsdidaktische Analyse relevant, impliziert er doch, dass die Kodifizierungen nach Prinzipien menschlicher Kommunikation funktionieren. Insofern wollen wir uns in diesem Beitrag zudem fragen, wie Sprache dazu beiträgt, physikalische oder gedankliche Gegenstände auf eine bestimmte Weise zu konstituieren, und wie sie in der Kommunikation in Lehr-/Lernsituationen Studierende und Lehrende in eine bestimmte soziale Konstellation bringt.

1.2 Analytisches Vorgehen

Für die Analyse verwenden wir verschiedene Fallvignetten. Wir betrachten sie aus der Perspektive des Physikers, der u. a. Mathematik in Informatikstudiengängen lehrt, sowie aus der Sicht der Hochschuldidaktikerin und Sprachwissenschaftlerin, die in unterschiedlichen Kontexten mit der Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen befasst ist. Mit diesen disziplinären Hintergründen schauen wir in diesem Beitrag im Sinne wissenschaftsdidaktischer Überlegungen exemplarisch darauf, wie Sprache den Lern- und Verständigungsprozess über den fachlichen Gegenstand beeinflussen kann.

Die Auswahl der sprachlichen Wendungen, die wir betrachten, resultiert zum einen aus der Sichtung von Interviews, die im Rahmen von *Decoding the Disciplines* mit Lehrenden geführt wurden, zum anderen aus der eigenen Lehrerfahrung. Insofern bestehen die Vignetten teils aus authentischen, teils aus (re)konstruierten Fällen. Wir versuchen, die Wendungen (system-)linguistisch einzuordnen und zu analysieren, worin genau die Schwierigkeiten für Studierende als Noviz*innen in ihrer fachlichen Ausbildung bestehen können. Dabei greifen wir u. a. auf Aspekte des (Fach-)Spracherwerbs[3] zurück und betrachten verschiedene Ebenen:

1. Fachlexik (Wortschatz einer Sprache), z. B.: Sind die ‚Vokabeln' bekannt? Werden Begriffe fachsprachlich korrekt konzeptualisiert und verwendet? Wie werden Begriffe eingeführt und nahegebracht? Werden sie gesetzt, erläutert, verhandelt? Werden Bezüge zum Fachvokabular anderer Wissenschaften oder der Alltagssprache mitbedacht?
2. Wortbildung, Syntax (Form und Struktur von Sprache), z. B.: Sind die morphosyntaktischen Regeln der Fachsprache bekannt? Gibt es morphosyntaktische Regeln oder Gewohnheiten, die das Lernen erschweren? Wie wird damit umgegangen?
3. Pragmatik (Verwendung und Zweck von Sprache), z. B.: Werden Kontextbedingungen adäquat berücksichtigt?
4. Soziolinguistik (Fokus: soziokulturelle Bedeutung von Fachsprache); Sprache als identitätsstiftendes, abgrenzendes, soziales Konstrukt, z. B.: Wer spricht welche Sprache wie, wann und mit wem, unter welchen sozialen Umständen, mit welchen Absichten und Konsequenzen? Welche Positionierungen implizieren oder schaffen die Sprachhandlungen?

3 Für die Betrachtung von Fachsprache als Lernhindernis in der Sprachlehr- und -lernforschung siehe bspw. für Deutsch als Fremdsprache Hartung & Zimmermann 2017, generell für sprachsensiblen Fachunterricht Butler & Goschler 2019.

Uns ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass das Nichtaussprechen relevanter Aspekte von Expertise keine böse Absicht seitens der Lehrenden ist oder ein Hinweis auf deren schlechte Didaktik sein muss. Vielmehr ist es so, dass die Relevanz des Unausgesprochenen den Protagonist*innen der Fachdisziplinen häufig nicht bewusst ist, und dass ihnen mitunter die Worte und didaktischen Methoden fehlen, das Unausgesprochene auszusprechen. Allerdings werden durch sprachliche Formulierungen und auch durch das, was nicht gesagt wird, die Beteiligten in der Kommunikation zueinander in Beziehung gesetzt. Bspw. zeigt die Erfahrung, dass Studierende das Unausgesprochene als Ausdruck von Arroganz empfinden können, z. B. im Sinne von „Die sprechen absichtlich Fachchinesisch, um sich wichtig zu machen“. Diese Arten der Ausgrenzung oder als ausgrenzend empfundenen Äußerungen beeinflussen die Wahrnehmung des Lerngegenstandes bzw. der Lehrperson durch die Studierenden sowie die Auseinandersetzung mit den Inhalten und können hinderlich für den Lern- und Enkulturationsprozess sein.

2 Vignetten des Unausgesprochenen

Ein wesentliches Kennzeichen der Fächer Mathematik und Physik ist die Verwendung einer formalen Symbolsprache. Die Fallvignetten, die wir im Folgenden vorstellen und analysieren, bedienen sich dieser Symbolsprache.

2.1 Manogoues Parole

Parolen dienen im militärischen Bereich dazu festzustellen, zu welcher Gruppe (Freund oder Feind) eine Person gehört. Manogoues Parole (Dray & Manogoue, 2002) will feststellen, ob eine Person eher aus dem Bereich Mathematik oder Physik kommt:

> Angenommen, die Temperaturverteilung auf einer Metallplatte wird durch $T(x,y) = k(x^2 + y^2)$ beschrieben, wobei k eine Konstante ist. Was ist dann $T(\rho,\varphi)$?

Personen, die in der Mathematik tätig sind, beantworten die Frage tendenziell mit $T(\rho,\varphi) = k(\rho^2 + \varphi^2)$. Dagegen antworten Personen, die in der Physik tätig sind, tendenziell eher mit $T(\rho,\varphi) = k\,\rho^2$.

In der Physik haben die verwendeten Symbole eine physikalische Bedeutung. Für die Mathematik ist charakteristisch, dass diese Art von Bedeutung wegabstrahiert wird. Der Fokus liegt allein auf bedeutungs- und kontextübergreifenden (formalen) Strukturen.

Physiker*innen assoziieren mit den Symbolen x und y kartesische Koordinaten mit dem Zweck, Punkte in der Ebene zu beschreiben, obwohl diese Bedeutung der beiden Symbole in der obigen Fragestellung nicht explizit benannt ist. Zum einen sind die beiden Symbole die Standardsymbole für diese Art von Koordinaten. Zum anderen erkennen Physiker*innen aus dem Kontext Metall*platte* (also Ebene), dass hier eine Situation vorliegt, die mit der Interpretation von x und y als kartesische Koordinaten stimmig ist.

Die Symbole ρ und φ sind (in dieser Kombination) Standardsymbole in der Physik, um Punkte in der Ebene mit einer anderen Art von Koordinatensystem zu beschreiben – dem polaren Koordinatensystem. Für die vorliegende Fallvignette wichtig ist der Zusammenhang zwischen den kartesischen Koordinaten x und y und der Polarkoordinate ρ:

$$\rho^2 = x^2 + y^2 \tag{1}$$

Physiker*innen interpretieren den Wechsel von $T(x,y)$ auf $T(\rho,\varphi)$ als Aufforderung, die Beschreibung der Temperaturverteilung zu ändern: von kartesischen auf Polarkoordinaten. Wechsel des Koordinatensystems sind Physiker*innen vertraute, häufig erforderliche formale Handlungen. Mittels (1) transformieren sie die rechte Seite von $T(x,y) = k(x^2 + y^2)$ in $k\,\rho^2$ und kommen so zum Resultat $T(\rho,\varphi) = k\,\rho^2$.

Mathematiker*innen sind gewohnt, symbolische Manipulationen in der Regel kontextfrei durchzuführen. Für sie sind x, y, ρ und φ bedeutungsfreie Symbole. Die Aufforderung $T(x,$y) in $T(\rho,\varphi)$ zu transformieren, sehen sie in den formalen Ersetzungen $x \rightarrow \rho$ und $y \rightarrow \varphi$. Aus $T(x,y) = k(x^2 + y^2)$ wird so $T(\rho,\varphi) = k(\rho^2 + \varphi^2)$.

Manogues Parole zeigt die disziplinspezifische und damit kontextabhängige Bedeutung und Interpretation von Symbolen. Obwohl Mathematik und Physik als einander nahe Diskursgemeinschaften angesehen werden können und beide dieselbe formale Symbolik und Syntax verwenden, kann deren Gebrauch und die Bedeutung bzw. Interpretation der symbolischen Konstrukte sich substantiell unterscheiden (Redish & Kuo 2015; Jones 2015). Der Kontext und die in ihm impliziten Informationen sind hier für das Verarbeiten, Verstehen und Produzieren von Sprache relevant.[4] Expert*innen gelingt es leichter, den Kontext zu identifizieren oder auch überhaupt zu bemerken, dass es unterschiedliche Kontexte gibt. Für Lernende ist beides vermutlich deutlich schwieriger.

Das Wissen um diese disziplinspezifischen Bedeutungen und Interpretationsmöglichkeiten ist insbesondere für Lehrende relevant, die in verschiedenen Fächern lehren und ggf. ihre Fachsprache zielgruppengerecht anpassen müssen bzw. für Studierende, sofern die Kenntnis dieser Spezifika ein rele-

4 Durch Veränderungen des Kontexts lassen sich entsprechend Situationen schaffen, so dass die unterschiedlichen Reaktionen von Mathematiker*innen und Physiker*innen verschwinden. Bspw. können die *Cues*, die bei Physiker*innen die kontextabhängigen Assoziationen triggern, beseitigt werden. Auf die Fragestellung *Angenommen f(x,y) = k x sin(y), wobei k eine Konstante ist. Was ist dann* $f(\rho,\varphi)$? werden Vertreter*innen beider Disziplinen unisono mit $f(\rho,\varphi) = k\,\rho\,\sin(\varphi)$ antworten.

vantes Lernziel darstellt. Aus einer wissenschaftsdidaktischen Perspektive kann hinterfragt werden, inwiefern innerhalb eines Studiengangs (der sich häufig aus mehreren Disziplinen speist) eine Kohärenz bzgl. entsprechender symbolsprachlicher Konventionen wünschenswert ist – oder warum ggf. nicht, und wie dies in Lernarrangements berücksichtigt werden kann.

2.2 Quadratur des Kreises

Die nächste Fallvignette besteht aus der Lösung einer Aufgabe, die wie folgt lautet:

> Welche Seitenlänge a muss ein Quadrat haben, damit es dieselbe Fläche wie ein Kreis vom Radius r hat?
>
> Lösung:
>
> Schritt 1: Fläche eines Quadrats mit der Seitenlänge a: a^2
>
> Schritt 2: Fläche eines Kreises mit dem Radius r: πr^2
>
> Schritt 3: Gefordert ist die Gleichheit der Flächen, also $a^2 = \pi r^2$
>
> Schritt 4: Daraus ergibt sich für a: $a = \sqrt{\pi}\, r$

In der Lösung der Aufgabenstellung kommen drei Symbole vor: a, r und π. Unausgesprochen ist, dass diese Symbole unterschiedliche Rollen haben. Typische Rollen, die mathematische Symbole haben können, sind Unbekannte, Variable (mit dem zusätzlichen Spezialfall Parameter) und Konstante. Hier ist π eine Konstante und r eine Variable. Das Symbol a wechselt die Rolle von einer Unbekannten in der Aufgabenstellung zu einer Variablen in Schritt 1 und zurück zur Unbekannten in Schritt 4.

Die Rolle des Symbols sagt aus, was mit ihm zu tun ist (z. B. den Wert bestimmen, wenn es eine Unbekannte ist, oder variieren, wenn es eine Variable ist). Anhand folgender Fragen kann entschieden werden, welche Rolle ein Symbol in einem bestimmten Kontext hat:

1. Steht das Symbol für eine gesuchte Größe (eine Größe, deren unbekannter Wert bestimmt werden soll)? Wenn ja, handelt es sich um eine Unbekannte.
2. Wenn nein, kann man fragen, ob der Wert der Größe, für die das Symbol steht, konstant ist (wie z. B. bei π oder dem Goldenen Schnitt). Ist dies der Fall, steht das Symbol für eine Konstante.
3. Andernfalls steht das Symbol für eine Variable oder einen Parameter.

Dass Symbole verschiedene Rollen einnehmen können und woran man dies erkennt, ist Lernenden nicht immer klar. Dies äußert sich bspw. darin, dass sie eine Funktionsvariable als Unbekannte bezeichnen.

Eine passende Analogie aus der Linguistik des Deutschen könnte darin bestehen, dass identisch ausgesprochene Wörter (Symbole) unterschiedlichen Wortarten angehören können, insofern also auch unterschiedliche „Rollen" einnehmen können. Dies trifft bspw. auf das Verb „essen" und das Substantiv „Essen" zu: Durch den sprachlichen Kontext wird situativ disambiguiert, um welche Variante es sich handelt. Je nachdem um welche Wortart es sich handelt, kann das Wort unterschiedliche Funktionen im Satz einnehmen. Hinzu kommt hier, dass das Wort dann auch eine andere Form annimmt, da es als Verb konjugiert bzw. als Substantiv dekliniert wird. In der Schriftsprache unterscheiden sich die Wörter durch Groß- bzw. Kleinschreibung.

Ein Vergleich mit Homonymen oder Polysemen[5] scheint nicht passend, denn der Wechsel der Rolle und damit der Bedeutung mathematischer Symbole erfolgt wie im Beispiel mitunter fließend. Bei Homonymen und Polysemen wechselt die Bedeutung in einem abgrenzten Kontext dagegen i. d. R. nicht. In der formalen Sprache der Mathematik ist diese Ambiguität bzw. der Polymorphismus dagegen inhärent. Je nach Kontext und Absicht ist es günstiger, die eine oder andere Perspektive einzunehmen und darüber die Rolle eines Symbols (temporär) festzuschreiben. Die Entscheidung für eine bestimmte Perspektivübernahme ist für Expert*innen Routine – stellt für Lernende aber eine besondere sprachstrukturelle und -pragmatische Herausforderung dar.

2.3 Bitte nicht x

Die nächste Vignette besteht aus folgendem Gespräch:

Dialog zwischen einem Dozenten (D) und einem Studenten (S), der die Aufgabenstellung

„Bestimmen Sie die ganze Zahl, die doppelt so groß wie sie selbst ist."

bearbeitet:

S: Ist es egal, welches Symbol ich für die ganze Zahl verwende?

D: Ja, natürlich. Symbole sind nur willkürliche Bezeichnungen.

5 Dies sind „gleiche" Wörter, die für verschiedene Begriffe stehen: Ein Homonym ist ein Wort, das verschiedene Bedeutungen und oft verschiedene Ursprünge hat, z. B. „Tau"; ein Polysem dagegen hat eine gemeinsame Wurzel und/oder eine abgeleitete Bedeutung z. B. „Läufer" (Sportler/Schachfigur)

S: Gut, dann nehme ich *x*. Ich muss also die Gleichung $x=2x$ lösen.
D: Verwenden Sie bitte nicht *x*. Nehmen Sie lieber *n*.

Unausgesprochen ist hier, dass Expert*innen der Mathematik und Physik bestimmte Buchstaben für bestimmte Größen präferieren, z. B. für natürliche oder ganze Zahlen den Bereich *i-q* des lateinischen Alphabets, für Winkel griechische Kleinbuchstaben oder für dichteartige Größen in der Physik ebenfalls griechische Kleinbuchstaben.

Eine Analogie aus der deutschen Sprache besteht in gewisser Weise auf der semantischen Ebene des Wortschatzes in der Verwendung des Wortes *Dingsbums*: Wie *n* oder *x* in der o. g. Vignette fungiert *Dingsbums* als Passe-Partout-Wort oder auch Platzhalter. Auch dessen Verwendung ist per Konvention eingeschränkt: *Dingsbums* wird als Ersatz für ein beliebiges Substantiv genutzt (Duden 2022), nicht jedoch für bspw. ein Adjektiv oder ein Verb. Diese Regel muss man explizit oder implizit kennen, um das Wort *Dingsbums* korrekt einzusetzen – wollte man z. B. einen Platzhalter für ein Verb nutzen, das einem gerade nicht einfällt, würde man etwa *dingsen* sagen.

Analogien sind nie vollständig passend – so auch hier: Man kann als deutsch-kompetente*r Hörer*in des Wortes *dingsen* aus Eigenschaften des Wortes schlussfolgern, welcher Wortart das Wort wahrscheinlich zugehörig ist (die Endung *-en* deutet mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf ein Verb hin). Hingegen ist die Konvention in der o. g. Vignette für Sprachlernende nicht anhand der Form erkennbar.

Aus didaktischer Sicht ist es problematisch, dass die Lehrperson die ihr bekannte implizite Regel (*ganze Zahlen werden üblicherweise durch einen Buchstaben im Bereich i-q des lateinischen Alphabets notiert*) nicht expliziert, sondern nur eine Korrektur vornimmt („Nehmen Sie lieber *n*“). Aus dieser Aufforderung kann der Student nicht erkennen, warum *x* in diesem Fall nach fachlichen Standards kein geeignetes Symbol ist. Dadurch, dass die Lehrperson dem Studenten gegenüber ihre Expertise nicht offen legt, entgeht dem Studenten die Möglichkeit, die Regel zu erlernen (anstatt nun nur hinzunehmen, dass *x* wohl nicht passt, *n* aber schon).[6]

Im Dialog[7] finden sich einige soziolinguistisch und damit auch wissenschaftsdidaktisch interessante Aspekte. Zunächst bringt der Dozent seinen Expertenstatus zum Ausdruck, indem er die gestellte Frage beantwortet und eine allgemeingültige Regel erklärend hinzufügt. Durch die Wahl des Ad-

6 Möglicherweise handelt es sich auch um eine eher explizite Konvention, die als bekannt vorausgesetzt wird. Offensichtlich ist dem Studenten im o. g. Beispiel diese Regel aber zumindest zum Zeitpunkt des Gesprächs nicht bekannt.

7 Auf parasprachliche Aspekte und andere Kontextfaktoren, die die Wahrnehmung des Gesagten auf Seiten der Adressat*innen natürlich beeinflussen, gehen wir an dieser Stelle nicht ein.

verbs „natürlich“ kommt im Verhältnis der beiden Sprecher ein Gefälle zum Ausdruck: Die Lehrperson weiß, dass es „selbstredend“, „zweifelsohne“ egal ist, welches Symbol man für die ganze Zahl verwendet. Im Subtext wird durch das Adverb die Wertung transportiert, dass das doch selbstverständlich sei. Beim adressierten Studenten kann der Eindruck entstehen, dass seine Frage überflüssig oder gar dumm sei, denn es könne ja geradezu gar nicht anders sein. Allerdings widerspricht sich der Dozent dann im weiteren Verlauf des Dialogs, indem er seine Aussage einschränkt („bitte nicht x – lieber n“).

Der Dozent selbst bringt durch seine beiden Aussagen die eigene Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe, nämlich der der Expert*innen, zum Ausdruck und grenzt diese nach außen – gegenüber dem Studenten – ab. Er macht klar, dass er über Expertise und Macht verfügt. Ohne diese Expertise wäre nichts „natürlich“, und ohne Macht sollte es ihm nicht erlaubt sein, zwei einander sich widersprechende Sätze direkt hintereinander zu formulieren. Der Student kann den Eindruck gewinnen, dass es undurchsichtige, „geheime“ Konventionen in der Mathematik gibt, die für ihn nicht nachvollziehbar sind, sondern nur Mitgliedern einer Fachgemeinschaft offenbart wurden. Dies kann Frustration gegenüber dem Lerngegenstand bzw. der Lehrperson auslösen, was hinderlich für den Lernprozess ist.

Dem vorliegenden Fall nicht ganz unähnlich ist die spezielle mathematische Verwendung des Wortes „sei“, mit dem mathematische Problemlösungen oft beginnen. Die Berechnung elementarer Grenzwerte beginnt bspw. nahezu regelmäßig mit „Sei $\varepsilon > 0$“. Für Neulinge ist hier vieles unklar: Was drückt der Konjunktiv I hier aus? Indirekte Rede? Oder handelt es sich um einen Imperativ? Was ist das Subjekt des Satzes? Wird mit „Sei $\varepsilon > 0$“ ein Ziel für ε vorgegeben oder eine Annahme über ε getroffen? Das Beispiel ist so tückisch, weil das Wort kaum signalisiert, dass hier Fachsprache verwendet wird.

Durch solche Konventionen bzw. Formulierungen wird für Lernende (wahrscheinlich manchmal schmerzhaft) erkennbar, dass sie die Fachsprache (noch) nicht beherrschen und damit auch (noch) nicht Teil der Fachgemeinschaft sind. Es zeigt sich, dass Expertise auch eine diskursive Praktik darstellt (Carr 2010, zitiert in Spitzmüller 2021):

> Expertise wird in komplexen, kommunikativ konstituierten und in einer bestimmten Art und Weise mediierten Positionierungspraktiken generiert, in denen sich Akteure selbst als Expert*innen darstellen, darstellen wollen oder dargestellt werden. Dies funktioniert aber nur in Ausrichtung zu und Abgrenzung von anderen Akteuren: den Mit-Expert*innen und den Laien. (Spitzmüller 2021, S. 14)

Über Fachsprache kann sich also Expertise inszenieren, dabei Geltungsansprüche markieren – und Lai*innen ausschließen.

2.4 Gehen und annähern

Aus einem *Decoding*-Interview zum Begriff des Grenzwerts/Limes stammt folgende Äußerung einer Lehrperson:

> „Da krieg ich dann so Formulierungen, die auf ganz eklatante Fehlverständnisse hindeuten. Da gibt's zum Beispiel die Sprechweise ‚der Limes geht gegen 1‘. Ja? Dieses ‚der Limes geht gegen 1‘ zeugt von ‘nem ganz wesentlichen Missverständnis, weil ein Limes nicht geht. Der Limes ist der Grenzwert und der ist fest und das ist ein ganz wichtiges Detail, wenn man über Grenzwerte redet, dass man nicht die Vorstellung hat, der Limes geht irgendwie, sondern der Limes ist fest, und das, was geht, das sind Funktionsausdrücke oder Terme oder was auch immer. Daran merk‘ ich’s, dass es dann starke konzeptionelle Schwierigkeiten gibt.“

Angesprochen werden hier Schwierigkeiten von Studierenden im Zusammenhang mit dem Verständnis des Konzepts Grenzwert/Limes, wofür der interviewte Mathematik-Dozent Anzeichen in dem von ihm genannten Satz von Studierenden „der Limes geht gegen 1“ sieht. Für diesen fachsprachlich semantisch inkorrekten Satz kann es verschiedene Erklärungen geben:

Zum einen kann ein Fehlkonzept vorliegen, wie dies der Dozent vermutet: Wenn man davon ausgeht, dass die Satzbedeutung so gemeint ist, wie der Satz formuliert wurde (Limes = Substantiv, geht = Verb, gegen 1 = adverbiale Bestimmung), dann sind Studierende fälschlicherweise der Ansicht, der Limes sei ein variabler Wert, der sich dem Wert 1 annähere.

Denkbar ist aber auch, dass es sich bei der Äußerung „der Limes geht gegen 1“ nicht um ein Fehlkonzept handelt, sondern um einen Versprecher.[8] Eine solche Fehlleistung der Sprachplanung bzw. -ausführung könnte hier darin bestehen, dass der Satz eigentlich hätte lauten sollen „Der Term geht gegen 1“ und die Wörter „Term“ und „Limes“ schlicht vertauscht wurden.

Möglicherweise versucht die*der Lernende auch, eine vermutete fach- oder bildungssprachliche Formulierung nachzuahmen.

Unausgesprochen ist, was mit „gehen“ gemeint ist, und damit, dass „Funktionsausdrücke oder Terme gehen“ bzw. sich dem Grenzwert annähern. Im weiteren Verlauf des Interviews wurde genau dies geklärt: Die Verben „gehen (nach)“ und „annähern“ haben in der Sprachverwendung der Mathematik einen Bedeutungsaspekt, der hier besonders relevant ist, aber in der alltagsprachlichen Verwendung eher selten bewusst wahrgenommen wird.

8 Beispiele für Versprecher sind Ersetzungen aufgrund von Bedeutungs- oder Formähnlichkeit, Vertauschungen von Wörtern, Wortteilen, Silben oder Lauten sowie Vorwegnahmen oder Nachklänge von Wörtern, Wortbestandteilen, Lautgruppen/Lauten in einer Äußerung.

Studierenden ist also ein spezifischer Aspekt der Vokabel „gehen“ bzw. „annähern“ nicht bewusst; vielmehr überlagert die prototypische Bedeutung des Verbs („auf direktem Weg näherkommen“) einen anderen Bedeutungsaspekt („Ich nähere mich meinem Ziel an – zwar auf Umwegen, aber ich komme näher.“) (Details siehe Hofberger & Riegler 2022). Nicht ganz offensichtlich liegt also bei dieser Interpretation aus linguistischer Sicht eine Ursache der thematisierten Verständnisschwierigkeit auf der Ebene der Fachlexik, nämlich in Form einer falschen Übertragung aus der Muttersprache in die Zielsprache (sog. Interferenz).

An dem Interviewausschnitt ist soziolinguistisch interessant, dass der Dozent durch den Ausdruck „Da krieg ich dann so Formulierungen“ die Studierenden in eine passive Rolle versetzt: Der Ausdruck entspricht einer (soziolinguistisch vereinfachten, wenn auch verbreiteten) Vorstellung von Kommunikation als Transport. Die Sprecherin bzw. der Sprecher wird aus dem Satz ausgelassen; „aktiv“ im syntaktischen (wenn auch nicht semantischen) Sinne ist der Lehrende. Dass die Studierenden mit der Formulierung etwas aussagen oder tun wollen (Wissen zeigen, eine Aufgabe lösen, Kompetenz demonstrieren, so sprechen wie die Fachleute), kommt in der Erzählung des Dozenten nicht vor.[9]

9 In der Vignette fallen einige soziolinguistisch interessante Aspekte auf, die auch schon im Gesprächsausschnitt der Vignette 2.3 „Bitte nicht x“ auftraten. Durch seine Wortwahl distanziert sich der Dozent als Experte von den Lernenden: Er benutzt mehrere verstärkende, bewertende Ausdrücke („eklatant“, „ganz“, „wesentlich“) sowie im fünften Satz des Beispiels drei kurze, durch die Konjunktion „und“ aneinandergereihte Ist-Aussagen („Der Limes ist der Grenzwert und der ist fest und das ist ein ganz wichtiges Detail“). Durch die Bewertungen sowie die Aneinanderreihung von Aussagen, mit der er eine als selbstverständlich und nicht weiter begründungswürdig dargestellte Information wiederholt, unterstreicht er sprachlich seine Expertise, was eine exkludierende Wirkung hat – diesmal zur gemeinsamen Abgrenzung der am Interview beteiligten anderen beiden Lehrenden gegenüber einer*m nicht anwesenden Lernenden. Allerdings handelt es sich bei der Vignette um eine Äußerung aus einem Decoding-Interview. Darin wird der interviewte Dozent nachdrücklich aufgefordert, als Experte zu handeln, was zu den gewählten Formulierungen geführt haben mag. Wie er sich sprachlich gegenüber Studierenden verhält, kann aus dem Beispiel nicht abgeleitet werden. Es kann lediglich festgestellt werden, dass auch diese Vignette einen starken Abgrenzungsgestus gegenüber Outsidern enthält.

3 Fazit

Die Formalsprache der Mathematik und Physik unterscheidet sich insofern wesentlich von natürlichen Sprachen, als die Variabilität der „Wörter“ (i. S. v. selbstständigen, bedeutungstragenden Einheiten, die als Symbole fungieren) deutlich größer ist: In der Formalsprache ist es üblich, Zeichen (-ketten) Bedeutungen zuzuweisen, die von Kontext zu Kontext (von Aufgabe zu Aufgabe) variieren können. Dies ist in natürlichen Sprachen nicht so: Üblicherweise sind Bedeutungen, die durch bestimmte Zeichenketten (Morpheme) bzw. Wörter vermittelt werden, über einen langen Zeitraum relativ stabil. Dieser strukturelle Unterschied kann, neben anderen spracherwerbsbezogenen Herausforderungen, eine Lernhürde für Studierende darstellen, wenn sie Erwartungen an die „Wörter“ der Formalsprache aus der Kenntnis über natürlichsprachliche Wörter ableiten.

Bestandteil des Kompetenzerwerbs in Mathematik und Physik ist der Erwerb der entsprechenden Fachsprache. Sprachliche Konventionen sind dabei typischerweise implizit: Lehrende als kompetente Sprecher*innen der Fachsprache kennen diese Regeln und nutzen sie routiniert; sie hinterfragen die Konventionen in aller Regel nicht und sind sich ihrer auch nicht immer bewusst. Ganz im Gegenteil scheint ihr sprachliches Verhalten stellenweise zu zeigen, dass sie ihr eigenes Wissen für selbstverständlich halten – obwohl ihnen Lernhürden wie Fehlkonzepte bekannt sind und sie es für ihre Aufgabe halten, diesen entgegenzuwirken. Zu erklären ist dies

- durch ihre fachwissenschaftliche Sozialisation und der Aneignung kultureller Praktiken wie der Beherrschung der Fachsprache;
- mit dem Konstrukt des Schwellenkonzepts (Land, Meyer & Baillie 2010): Ein Schwellenkonzept stellt ein zentrales Kernkonzepte eines Fachs dar, das, sobald es verstanden ist, die Wahrnehmung eines bestimmten Themas oder das Verständnis eines Phänomens verändert und einen neuen Blick auf den Gegenstand ermöglicht. Ein wesentliches Merkmal ist die Irreversibilität, d. h. dass der Perspektivwechsel, den die Aneignung eines Schwellenkonzepts mit sich bringt, einmal vollzogen, schwer zu vergessen oder wieder zu „verlernen“ ist;
- als Folge der ihnen zugeschriebenen bzw. angeeigneten sozialen Rollen inkl. der entsprechenden Handlungsmöglichkeiten, mit denen Erwartungen verbunden sind und in denen auch Machtverhältnisse zum Ausdruck kommen (z. B. als Prüfer*in, Vorgesetzte*r, Forscher*in, Gutachter*in, Berater*in etc.).

Wir hoffen, gezeigt zu haben, dass sprachliche Praktiken auch einen pragmatischen und soziokulturellen Aspekt haben, der insbesondere Ingroup-Outgroup-Beziehungen und Machtpositionen konstruiert. In den Vignetten zeigt sich die Tücke, dass es ein konstitutives Merkmal von (Experten- bzw. Fach-) Sprache ist, dass sich kompetente Nutzer*innen durch die Verwendung der Sprache von Außenstehenden (i. S. v. nicht kompetenten Nutzer*innen) abgrenzen. Dies geschieht einerseits offensichtlich durch die Verwendung von Fachvokabular und oft von mehr oder weniger impliziten Konventionen, die für Lernende nicht leicht zu explizieren sind. Andererseits manifestiert sich – wie in verschiedenen Äußerungen sichtbar wurde – die Abgrenzung auch durch die Art der Formulierung. Dies lässt darauf schließen, dass ein Teil der Probleme auch dann noch bleiben würde, wenn die Expertise der Lehrenden expliziert wäre.

Im Kontext von Lernprozessen kann dies besonders problematisch sein, weil sich diese Art der (beabsichtigt oder unbeabsichtigt) exkludierenden Kommunikation negativ auf das Verständnis seitens der Lernenden oder infolge frustrierender Erfahrungen auf die Motivation auswirken kann, bspw. wenn implizite Konventionen nicht offengelegt werden. Dies verweist auf ein Dilemma, in dem Lehrende stehen: Einerseits ist es ihre Aufgabe, u. a. durch die Art ihrer fachsprachlichen Kommunikation Studierenden die Enkulturation in die Fachgemeinschaft zu ermöglichen. Andererseits kann die Verwendung genau dieser Fachsprache und ihre Identität als Fachwissenschaftler*innen das Erlernen der wissenschaftlichen Gegenstände negativ beeinträchtigen, weil sie das Verständnis erschweren und ein Gefühl der Ausgeschlossenheit hervorrufen können. Wey verweist auf dieses Dilemma, dem (auch im wissenschaftsdidaktischen Sinne) durch kontinuierliche Reflexion begegnet werden kann:

> Andererseits ist es genau dieses gruppen- und identitätsstiftende Charakteristikum von Fachsprache, das ausschließt. Denn Mitglied einer Gruppe zu sein, bedeutet auch, nicht zu einer anderen zu gehören. Die Kriterien, die zu Gruppenzugehörigkeit oder -ausschluss führen, müssen immer wieder hinterfragt und problematisiert werden. Wie sinnvoll oder -frei sind dabei bestimmte Kriterien? So sei dahingestellt, inwiefern es komplexe Satzstrukturen, eine hohe Dichte an Fachbegriffen, ungebräuchliche Verben und Adjektive oder passiven Satzbau braucht, um die Zugehörigkeit der sprechenden Person zu einer bestimmten Gruppe zu verdeutlichen. Letztlich geht es um adressat*innengerechtes sprachliches Handeln. Die Frage, wie das auszusehen hat, muss individuell und kontextabhängig immer wieder neu beantwortet werden. (Wey 2022, S. 22)

Davon, dass es für Lehrende als Expert*innen ihres Fachs aber eine große Herausforderung ist, ihre Sprache anzupassen, zeugen u. a. Publikationen zur Fachkultur von Mathematik mit ihrem polarisierenden Charakter (Henn & Kaiser 2001), der verbreiteten Mathematikangst (z. B. Porsch et al. 2015) und Bücher zur Sprache in MINT-Fächern (etwa Atayan et al. 2023; Maier & Schweiger 2008; Meyer & Tiedemann 2017).

Das Offenlegen der Konventionen ermöglicht Lernenden einen Zugriff auf die Fachsprache, deren Regeln sie sonst durch Sprachgebrauch erschließen müssten. Genau der Sprachgebrauch ist jedoch ein Faktor, der beim Mathematik- oder Physiklernen in aller Regel zu kurz kommt: Beim Spracherwerb bedarf es kontinuierlicher, intensiver Aussetzung von sprachlichem Input bzw. Sprachverwendung, um Sprachkompetenz aufbauen zu können (Rohmann & Aguado 2009). Diese Gelegenheiten gibt es beim Mathematik- oder Physiklernen weder für Kinder noch für Studierende: Auch wenn der Mathematikunterricht in der ersten Klasse beginnt, sind die Anwendungsgelegenheiten doch auf wenige Stunden in der Woche beschränkt. Gerade vor diesem Hintergrund ist es zielführend und effizient, sich als Lehrperson der potenziellen sprachlichen Hürden bewusst zu sein und Zeit in den Erwerb der Fachsprache zu investieren. Neben expliziten Erklärungen der sprachlichen Konventionen ist genaues Zuhören und Nachfragen nützlich bei der Identifizierung und bestenfalls Überwindung von Lernhürden. Dieses empathische Zuhören ist gleichzeitig als Teil der fortdauernden Reflexion eigener fachlicher Praktiken als Teil professionellen Handelns zu verstehen, aus der Transformationsimpulse in die Disziplin hervorgehen können. Dazu gehört die ernsthafte Verständigung mit Studierenden darüber, welche fachwissenschaftlichen Praktiken warum wie sinnvoll und lernenswert sind – oder eben auch nicht. Diese Transformationsimpulse sind „besonders wichtig, wenn sich Umfeldbedingungen verändern“; insofern ist es wünschenswert, „wenn aus der Reflexion ein Diskurs darüber entsteht, wie die spezifische Praktik zu den Sinnstrukturen und Zielen der Disziplin passt oder nicht“ (Jenert & Scharlau 2022a, S. 167).

Literatur

Atayan, Vahram, Metten, Thomas & Schmidt, Vasco Alexander (Hrsg.) (2023). Handbuch Sprache in Mathematik, Naturwissenschaften und Technik. Berlin/ Boston: de Gruyter.

Beutelspacher, Albrecht (2016). Albrecht Beutelspachers kleines Mathematikum: Die 101 wichtigsten Fragen und Antworten zur Mathematik. 4., durchgesehene Aufl., C.H. Beck.

Butler, Martin & Goschler, Juliana (Hrsg.) (2019). Sprachsensibler Fachunterricht. Chancen und Herausforderungen aus interdisziplinärer Perspektive. Springer.

Dray, Tevian & Manogoue, Corinne (2002). Vector calculus bridge project website. https://bridge.math.oregonstate.edu/ideas/functions/.

Duden (2022). Dingsbums. https://www.duden.de/rechtschreibung/Dingsbums.

Flinz, Carolina (2019). Fachsprachen – aktuelle Fragen zu Forschung und Lehre. Zeitschrift für Interkulturellen Fremdsprachenunterricht 24(1):1–20.

Gruber, Hans, Scheumann, Michael & Krauss, Stefan (2019). Problemlösen und Expertiseerwerb. In Detlef Urhahne, Markus Dresel & Frank Fischer (Hrsg.), Psychologie für den Lehrberuf. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55754-9_3.

Gruber, Hans & Stamouli, Eleni (2020). Intelligenz und Vorwissen. In Elke Wild & Jens Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61403-7_2.

Hartung, Nicole & Zimmermann, Kerstin (Hrsg.) (2017). Facetten des Deutschen – didaktisch, linguistisch, interkulturell. Festschrift für Ulrich Steinmüller zum 75. Geburtstag. Universitätsverlag der TU Berlin. Berlin. https://verlag.tu-berlin.de/produkt/978-3-7983-2829-7/.

Henn, Hans-Wolfgang & Kaiser, Gabriele (2001). Mathematik – ein polarisierendes Schulfach. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. 4:359–380.

Hofberger, Harald & Riegler, Peter (2022). Studentische Schwierigkeiten mit dem Grenzwertbegriff und mögliche Implikationen für die Lehre. In Peter Riegler & Christoph Maas (Hrsg.), Scholarship of Teaching and Learning in der Mathematik. Berlin: DUZ.

Hughes, Sean, Lyddy, Fiona & Lambe, Sinead (2013). Misconceptions about psychological science: a review. Psychology Learning & Teaching, 12, 20–31.

Janich, Nina (2012). Fachsprache, Fachidentität und Verständigungskompetenz – zu einem spannungsreichen Verhältnis. Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis 41 2:10–13. URL: https://www.bwp-zeitschrift.de/dienst/publikationen/de/6857

Jenert, Tobias & Scharlau, Ingrid (2022a). Wissenschaftsdidaktik als Verständigung über wissenschaftliches Handeln – eine Auslegeordnung. In Gabi Reinmann & Rüdiger Rhein (Hrsg.), Wissenschaftsdidaktik I: Einführung (S. 155–179). transcript.

Jenert, Tobias & Scharlau, Ingrid (2022b). Wissenschaftskommunikation als Verständigung: Chance für die Hochschulentwicklung?! Zeitschrift für Hochschulentwicklung. 17(2).

Jones, Steven R. (2015). Areas, anti-derivatives, and adding up pieces: Definite integrals in pure mathematics and applied science contexts. The Journal of Mathematical Behavior, 38, 9-28.

Kasper, Simon & Purschke, Christoph (2021). Kennen, Können, Wissen: Zur Konstruktion von Expertise. In Toke Hoffmeister, Markus Hundt & Saskia Naths (Hrsg.), Laien, Wissen, Sprache. Theoretische, methodische und domänenspezifische Perspektiven (S. 125–156). Berlin/Boston: De Gruyter (Sprache und Wissen 50).

Land, Ray, Meyer, Jan H. F. & Baillie, Caroline (2010). Editors' Preface. Threshold Concepts and Transformational Learning. In Jan H. F. Meyer, Ray Land & Caroline Baillie (eds.), Threshold Concepts and Transformational Learning. Sense Publishers.

Loos, Andreas & Ziegler, Günter (2016). „Was ist Mathematik" lernen und lehren. Mathematische Semesterberichte, 63:155–169.

Maier, Hermann & Schweiger, Fritz (2008). Mathematik und Sprache. Zum Verstehen und Verwenden von Fachsprache im Mathematikunterricht. Elektronische Fassung zu: ebd. In Hans-Christian Reichel (Hrsg.), Reihe Mathematik für Schule und Praxis. Verlag öbv&hpt. https://me.aau.at/~kadunz/semiotik/sprache%20und%20mathematik.pdf.

Meyer, Michael & Tiedemann, Kerstin (2017). Sprache im Fach Mathematik. Springer Spektrum.

Middendorf, Joan & Shopkow, Leah (2018). Overcoming Student Learning Bottlenecks. Sterling: Stylus.

Neidorf, Teresa, Arora, Aalka, Erberber, Ebru, Tsokodayi, Yemurai, Mai, Thanh (2020). Student Misconceptions and Errors in Physics and Mathematics. IEA Research for Education, vol 9. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30188-0_2.

Pace, David (2017). The Decoding the Disciplines Paradigm: Seven Steps to Increased Student Learning. Bloomington: Indiana University Press.

Porsch, Raphaela, Strietholt, Rolf, Macharski, Tina & Bromme, Rainer (2015). Mathematikangst im Kontext – Ein Inventar zur situationsbezogenen Messung von Mathematikangst bei angehenden Lehrkräften. Journal Mathematik Didaktik, 36(1):1–22.

Redish, Edward F. & Kuo, Eric (2015). Language of physics, language of math: Disciplinary culture and dynamic epistemology. Science & Education, 24(5), 561-590.

Rohmann, Heike & Aguado, Karin (2009). Der Spracherwerb: das Erlernen von Sprache. In Horst M. Müller (Hrsg.), Arbeitsbuch Linguistik. 2. überarb. u. akt. Aufl. Paderborn: Schöningh.

Spitzmüller, Jürgen (2021). His Master's Voice. Die soziale Konstruktion des Laien durch den Experten. In Toke Hoffmeister, Markus Hundt & Saskia Naths (Hrsg.), Laien, Wissen, Sprache. Theoretische, methodische und domänenspezifische Perspektiven (S. 1–23). Berlin/Boston: De Gruyter (Sprache und Wissen 50).

Wey, Santina (2022). Wie Sprache dem Verstehen hilft. Ergebnisse einer Interventionsstudie zu sprachsensiblem Geographieunterricht. Wiesbaden: Springer VS.