

## Sprachbewusster Physikunterricht



ROBERT ALEKSOV – HANS FISCHER – HEIKO KRABBE – HENDRIK HÄRTIG

Die sprachlichen Anforderungen im Physikunterricht stellen für viele Lernende eine Herausforderung dar. Entsprechende sprachliche Fähigkeiten müssen im Unterrichtskontext erworben werden und sollten daher durch einen sprachbewussten Physikunterricht gefördert werden. Im Folgenden wird eine praxiserprobte Unterrichtsreihe vorgestellt, die als Prototyp für eine sprachbewusste Lerngelegenheit im Physikunterricht verwendet werden kann. Die Materialien stehen als Online-Beilage zur Verfügung.

## 1 Hintergrund

In den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Fach Physik wird über die Operatoren (z.B. „erläutern“ oder „beschreiben“) deutlich, dass im Kompetenzbereich Fachwissen der aktive Umgang mit Sprache eine zentrale Anforderung darstellt (z.B. KMK, 2005). Auch in anderen Kompetenzbereichen finden sich ähnliche Anforderungen, zum Beispiel die Kenntnis von physikalischen Fachbegriffen, das Verständnis von Fachtexten, Graphiken und Tabellen oder die Unterscheidung zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung von Phänomenen durch die Lernenden. Deutlich wird, dass Sprache im Physikunterricht nicht einfach als Werkzeug zur Benennung und Darstellung physikalischer Sachverhalte angesehen werden darf (NORRIS & PHILLIPS, 2003). Für das fachliche Lernen sind grundlegende sprachliche Kompetenzen in den Bereichen Lesen, Schreiben und Kommunizieren erforderlich. Ziel eines sprachbewussten Unterrichts kann vor diesem Hintergrund nicht primär die Reduktion sprachlicher Schwierigkeiten sein, sondern das schrittweise Heranführen der Schüler/innen an die Bewältigung der Anforderung.

Sprachbewusster Physikunterricht muss deshalb systematisch geplante, aufeinander aufbauende Lernanlässe enthalten, die den rezeptiven und produktiven Umgang mit den physikspezifischen Sprachmitteln im Sinne der Bildungsstandards im Unterricht unterstützen (THÜRMAN, KRABBE, PLATZ & SCHUMACHER, 2017). Bis heute wird eine in den Fachunterricht integrierte Sprachbildung jedoch selten umgesetzt (BECKER-MROTZEK, SCHRAMM, THÜRMAN & VOLLMER, 2013). Ein Grund dafür dürfte sein, dass entsprechende Unterrichtskonzepte bisher vorwiegend fachübergreifend beschrieben werden (insb. LEISEN, 2010), für die Umsetzung im Unterricht aber fachimmanent konkretisiert werden müssen (BEESE & ROLL, 2015). Dazu muss aus der Fachperspektive geprüft werden, welche der sprachlichen Ausdrucksmittel eine wichtige fachliche Funktion erfüllen.

Ein Ansatz besteht darin, ausgehend von fachtypischen Textsorten die erforderlichen sprachlichen Ausdrucksmittel und deren fachliche Funktion zu bestimmen und durch die Verwendung dieser Textsorten im Unterricht geeignete fachliche und sprachliche Lernanlässe zu schaffen (BEESE & ROLL, 2015). Dies wird in Tabelle 1 am Beispiel einer Versuchsbeschreibung für den Physikunterricht verdeutlicht. Sind solche Lerngelegenheiten identifiziert, erlauben sie eine enge Verzahnung von Spracharbeit und fachlichem Lernen, zum Beispiel beim Schreiben physikalischer Texte (SCHMÖLZER-EIBINGER, 2008).

Ein für den Physikunterricht geeignetes Beispiel ist die Textsorte Versuchsprotokoll. Das Versuchsprotokoll bildet in der Physik mit seiner typischen Gliederung in Fragestellung, Material, Durchführung, Beobachtung, Auswertung und Deutung naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen ab. Die einzelnen Abschnitte verlangen spezifische sprachliche Handlungen, so dass eine Förderung fachlicher und sprachlicher Kompetenzen gleichermaßen möglich ist (KRABBE, 2015).

In den Abschnitten *Durchführung* und *Beobachtung* ist das *Beschreiben* von zentraler Bedeutung, in der *Auswertung* und *Deutung*, je nach Experiment, das *Erklären* und *Begründen*. Sprachliche Handlungen wie *Beschreiben* lassen sich in elementarere Handlungsschemata zerlegen (Feilke, 2014; KRABBE, TIMMERMAN & BOUBAKRI, 2019). Bei der Versuchsanleitung kommt es beispielsweise darauf an, den zeitlichen Verlauf von Handlungen zu beschreiben und welche Geräte zu welchem Zweck eingesetzt werden. Das Beschreiben des Versuchsablaufes oder der Messergebnisse verlangt dagegen oft die Verknüpfung von unabhängigen und abhängigen Variablen als Bedingung und Folge. Es müssen also temporale, finale oder konditionale Satzmuster als Ausdrucksmittel verwendet werden. Tabelle 1 zeigt exemplarisch die Zuordnung bestimmter Handlungsschemata in der Durchführung, Beobachtung und Auswertung eines Experiments.

sprachliches Ausdrucksmittel	Anwendungsbeispiel Textsorte Versuchsprotokoll	Funktion (Handlungsschema)
temporale Satzkonstruktionen	<b>Durchführung:</b> Als erstes wird ein Stromkreis mit einer Lampe und einer Batterie aufgebaut und die Lampe getestet. Anschließend werden an einer Stelle im Stromkreis zwei Isolierhalter eingebaut, zwischen denen nacheinander unterschiedlich lange Drähte eingespannt werden.	fachlich korrekte Darstellung der zeitlichen Abfolge in einem Versuch; ermöglicht reibungslose Reproduktion
konditionale Satzmuster	<b>Beobachtung:</b> Wenn der Draht kürzer ist, dann leuchtet die Glühlampe heller, solange der Drahtdurchmesser und das Material unverändert bleiben.	funktionale Verknüpfung zweier physikalischer Größen in einer Bedingung-Folge-Relation; Darstellung der Folge der Änderung einer unabhängigen auf eine abhängige Variable – Variablenkontrollstrategie
kausale Satzmuster	<b>Auswertung:</b> Durch die Länge des Drahts nimmt der Widerstand zu. Dadurch fließt bei gleicher Spannung weniger Strom durch die Lampe.	funktionale Verknüpfung zweier physikalischer Größen in einer Ursache-Wirkungs-Relation; Darstellung einer Erklärung für einen bestimmten physikalischen Sachverhalt

Tab. 1. Beispiele für sprachliche Ausdrucksmittel und ihre Funktion im Physikunterricht

Am Versuchsprotokoll wird deutlich, wie die Auswahl und die korrekte Verwendung geeigneter Ausdrucksmittel über eine an den fachlichen Kontext gebundene (situierte) Spracherfahrung vermittelt werden können. Zugleich bedarf das Versuchsprotokoll der schriftlichen Fixierung. Dadurch lässt sich das Potenzial des „lernenden Schreibens“ (POHL & STEINHOFF, 2010) beispielsweise bei der Förderung einer präzisen Ausdrucksweise im sonst vorwiegend mündlichen Fach Physik nutzen. Sinnvolle Schreibgelegenheiten im Physikunterricht können neben Versuchsprotokollen adressatengerechte Erklärungen eines physikalischen Sachverhalts für Mitschüler/innen oder jüngere Schüler/innen sein oder die Argumentation bei der Darstellung eigener theoretischer und experimenteller Erkenntnisse. Solche Schreibgelegenheiten dienen Schüler/innen nicht nur zur Sicherung des Unterrichtsgeschehens; sie helfen ihnen, die individuellen Erkenntnisse zu reflektieren und sowohl fachlich als auch sprachlich zu überarbeiten.

## 2 Darstellung und Dokumentation eines Unterrichtsentwicklungsprojekts

### 2.1 Materialentwicklung

Das Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* (durchgeführt im Rahmen des Projekts Ganz-In-II; finanziert von der Stiftung Mercator) hatte unter anderem zum Ziel, gemeinsam mit teilnehmenden Lehrkräften eine Unterrichtsreihe zu entwickeln, die sprachliches Handeln mit dem Lernen von Fachinhalten verbindet. Ausgehend von den oben dargestellten Überlegungen zu Lerngelegenheiten durch Schreibenlässe in Form fachtypischer Textsorten und damit verknüpften funktionalen sprachlichen Ausdrucksmitteln fokussiert das Projekt auf den rezeptiven und produktiven Umgang mit konditionalen Satzmustern bei der Versuchsbeschreibung, da diese oft wiederkehren und eine entscheidende Rolle in der Fachkommunikation einnehmen.

UE	Fachinhaltliche Stundenziele Die Schüler/innen ...	Sprachliche Stundenziele Die Schüler/innen ...
1	bauen selbständig einfache Stromkreise auf, in denen elektrischer Strom fließt nennen einen geschlossenen Stromkreis als Voraussetzung für das Fließen des elektrischen Stroms	verwenden einfache konditionale Satzmuster (Wenn-dann-Sätze), um die Voraussetzungen für das Fließen des elektrischen Stroms zu formulieren erläutern, dass in Konditionalsätzen der Nebensatz (Wenn-Teil) die Bedingung enthält und der Hauptsatz (Dann-Teil) die Folge
2	definieren Leiter als Materialien, durch die elektrischer Strom fließen kann und Isolatoren als Materialien, durch die elektrischer Strom nicht fließen kann ordnen Materialien der Gruppe „Leiter“ oder der Gruppe „Isolator“ aufgrund von Beobachtungen experimentell zu	nutzen konditionale Satzformen (einfache Wenn-dann Satzmuster), um Beobachtungen fachlich und sprachlich korrekt zu dokumentieren (Anwendung des Konzepts „Konditionalsatz“ im Kontext der Beobachtungsbeschreibung) erläutern, dass bei der Beschreibung von Beobachtungen mit Konditionalsätzen im Wenn-Teil die unabhängige Variable genannt wird und im Dann-Teil die abhängige
3	bauen selbstständig einfache Reihen- und Parallelschaltungen auf, in denen elektrischer Strom fließt begründen in welchen Fällen in Reihen- und Parallelschaltungen elektrischer Strom fließen kann	nutzen erweiterte konditionale Satzformen, um Beobachtungen in Experimenten mit mehreren Bedingungen (unabhängigen Variablen) fachlich und sprachlich korrekt zu dokumentieren erläutern den Unterschied zwischen konditionalen und kausalen Satzformen bei der Dokumentation einer Begründung
4	bauen selbstständig einfache UND- und ODER-Schaltungen auf, in denen elektrischer Strom fließt begründen in welchen Fällen in UND- und ODER-Schaltungen elektrischer Strom fließen kann	nutzen erweiterte konditionale Satzformen (Wenn-A-und-B-dann), um Beobachtungen an Schaltungen mit mehreren Bedingungen (unabhängigen Variablen) fachlich und sprachlich korrekt zu dokumentieren nutzen Nur-wenn-dann-Konstruktionen, um die Funktionsweise von UND- und ODER-Schaltungen zu beschreiben
5	bauen selbstständig einfache Wechselschaltungen auf, in denen elektrischer Strom fließt erläutern die Anwendungsmöglichkeiten einfacher Wechselschaltungen im Alltag	analysieren vorgegebene experimentelle Beobachtungen (konditionale Satzformen) auf unabhängige und abhängige Variablen und rekonstruieren dadurch den Aufbau der Schaltungen

Tab. 2. Fachinhaltliche und sprachliche Stundenziele für die fünf Doppelstunden der entwickelten Unterrichtsreihe

Im Folgenden wird erläutert, wie Physiklehrkräfte in enger Kooperation mit Wissenschaftler/innen sprachbewusste Lerngelegenheiten eigenständig entwickelt und im Fachunterricht erprobt haben. Die vorgestellte Unterrichtsreihe beinhaltet eine physikorientierte Einführung konditionaler Satzmuster und deren funktionale Erarbeitung an den zu vermittelnden Fachinhalten. Ziel ist, die Bedeutung und Verwendung konditionaler Aussagen in der Physik als Konzept zu erarbeiten. Die Struktur der Unterrichtsreihe orientiert sich an einem konzeptbildenden Unterrichtsmodell (KRABBE, ZANDER & FISCHER, 2015). Es werden zunächst konditionale Satzmuster als Prototypen eingeführt und ihre Eigenschaften und Funktionen im Fachkontext beschrieben und erläutert. Anschließend können die konditionalen Satzmuster von Schüler/innen in verschiedenen Situationen angewendet und eingeübt werden. Im letzten Schritt werden die konditionalen Ausdrucksmittel gegenüber anderen Ausdrucksmitteln (z. B. Kausalsätzen) funktional abgegrenzt und in anderen Fachkontexten angewandt. Die vorgestellte Unterrichtseinheit lässt sich als Prototyp für die Entwicklung weiterer Unterrichtsreihen nutzen, die auf andere Themenbereiche übertragen und in anderen Jahrgangsstufen eingesetzt werden können.

In unserem Beispiel werden konditionale Satzmuster im Themenbereich der Elektrizitätslehre in der Unterstufe angewandt. Die fachinhaltliche Analyse zentraler und schulinterner Lehrpläne für die Klassen fünf und sechs (z. B. KMK, 2005) stellte unter anderem die Themen *Bedingungen für das Fließen von elektrischem Strom*, *Eigenschaften verschiedener Schaltungen* und *Kategorisierung von Leitern und Isolatoren* in den Mittelpunkt des Unterrichtsvorhabens. Nachdem der fachliche und sprachliche Fokus des Unterrichtsvorhabens bestimmt war,

wurde gemeinsam eine Unterrichtseinheit geplant. In jedem Teil der Unterrichtseinheit wurden die fachinhaltlichen mit den sprachlichen Stundenzielen verknüpft. Dabei war zu beachten, dass die Förderung der konditionalen Satzmuster an ihre Funktion in der Vermittlung der Fachinhalte gebunden war. Tabelle 2 zeigt die Stundenziele der von uns entwickelten Unterrichtsreihe, die insgesamt fünf Doppelstunden umfasst.

Die Schüler/innen lernen zunächst konditionale Satzmuster allgemein als Satzgefüge kennen, die eine semantische Verbindung der Abhängigkeit zwischen einer Bedingung und ihrer Folge darstellen (Abb. 1). Anschließend wird dies im Fachkontext in Bezug auf die Beschreibung experimenteller Beobachtungen und ihre Deutung konkretisiert. Dabei wird der Konditionalsatz für die Formulierung der Bedingung für das Fließen von Strom in einem vorgegebenen Stromkreis genutzt (**Wenn** beide Anschlüsse der Glühlampe mit beiden Anschlüssen der Flachbatterie verbunden sind, **dann** leuchtet die Glühlampe/**dann** entsteht elektrischer Strom).


In der zweiten Unterrichtseinheit wird anhand des Wenn-dann-Satzes die Unterscheidung zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen thematisiert (Abb. 2). Außerdem werden Wenn-dann-Sätze zur Semantisierung von Beobachtungstabellen genutzt (Abb. 3).

In der dritten Unterrichtseinheit erfolgt die Abgrenzung der konditionalen Satzmuster von kausalen Satzmustern. Dieses verwandte Ausdrucksmittel wird hier für die Verschriftlichung von Begründungen genutzt (Abb. 4), findet aber auch bei der Auswertung oder Deutung von Versuchen Anwendung. Dabei

**Information: Bedingungen formulieren**

Bedingungen und ihre Folgen können in **Konditionalsätzen (wenn-dann-Sätzen)** formuliert werden. Im **wenn-Satzteil** steht, welche **Bedingungen** erfüllt sein müssen, damit bestimmte Folgen eintreten. Im **dann-Satzteil** steht, was als **Folge** passiert, wenn die Bedingungen erfüllt sind.

**Wenn <Bedingung>, dann <Folge>.**



Beispiel:


**Wenn Ali seine Hausaufgaben macht, dann darf er ein Stück Schokolade essen.**

**wenn-Satzteil (welche Bedingung muss erfüllt sein?)**

*Ali muss seine Hausaufgaben machen*

**dann-Satzteil (was ist die Folge?)**

*Ali darf ein Stück Schokolade essen*



Dieses Symbol steht für ein Beispiel

Abb. 1. Funktion konditionaler Satzmuster in der Darstellung von Bedingungen und ihren Folgen

Information: Beobachtungen schreiben

Eine **Beobachtung** beschreibt, was bei einer bestimmten Handlung im Versuch passiert. Bei der Beobachtung werden zwei Fragen beantwortet: „**Was tut man?**“ und „**Was passiert dadurch?**“.

In Protokollen können Beobachtungen durch **Konditionalsätze (wenn-dann-Sätze)** festgehalten werden. Im **wenn-Satzteil** wird die Frage „Was tut man?“ beantwortet. Im **dann-Satzteil** wird die Frage „Was passiert dadurch?“ beantwortet.



Beispiel:

**Wenn** man eine Büroklammer in den Stromkreis einbaut, **dann** leuchtet die Glühlampe.

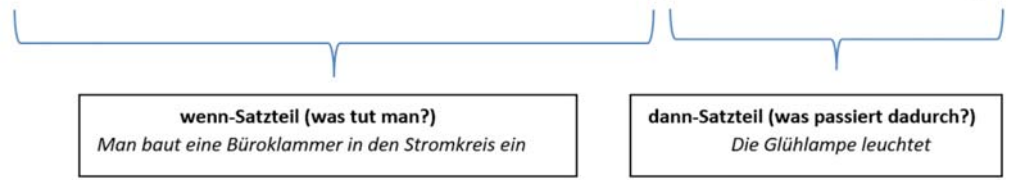
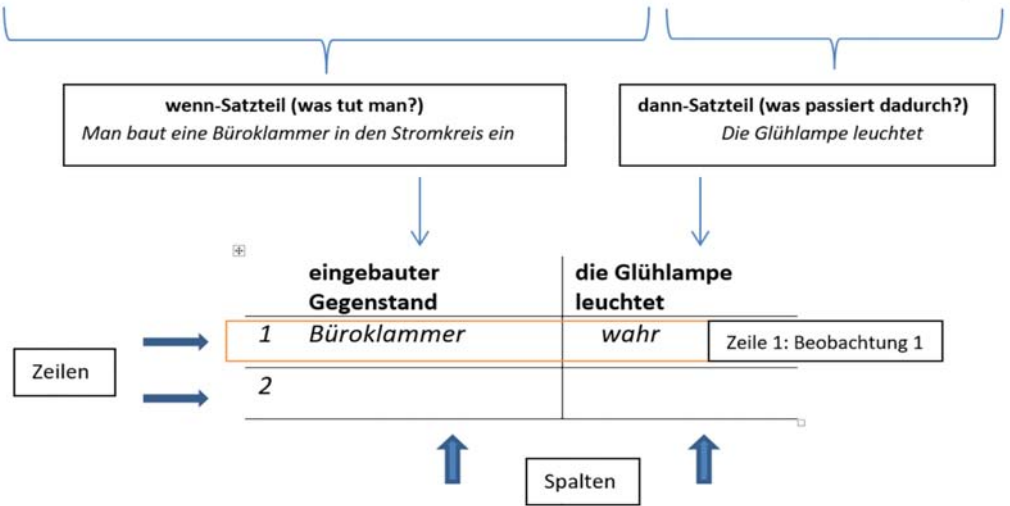


Abb. 2. Funktion konditionaler Satzmuster in der Darstellung von Beobachtungen

**Wenn** man eine Büroklammer in den Stromkreis einbaut, **dann** leuchtet die Glühlampe.



Information: Beobachtungen in Tabellen darstellen

In einer Tabelle werden alle wichtigen Informationen aus der Beobachtung in **Zeilen** und **Spalten** zusammengefasst. Jede Zeile stellt eine Beobachtung dar. In der Spalte links steht, **was man tut**. In der Spalte rechts wird beantwortet, **was dadurch passiert**.



Abb. 3. Konditionale Satzmuster und Beobachtungstabellen

**Aufgabe 5-6**

Stelle eine begründete Vermutung *auf*, welche der beiden Schaltungen im Haushalt verwendet wird!

Hinweis: Für deine Begründung (und Erklärungen) bietet sich ein **weil-Satz** an. Beispiel: Ich nehme meinen Regenschirm mit, **weil** es heute regnet.



Abb. 4. Abgrenzung konditionaler Satzmuster von kausalen Ausdrucksmitteln

wurden Ähnlichkeiten und Unterschiede in der fachlichen Funktion beider Ausdrucksmittel herausgearbeitet. Die Schüler/innen konnten so unterstützt werden, ein adäquates Ausdrucksmittel zu wählen, um Inhalte fachlich und sprachlich korrekt zu verschriftlichen.

Schließlich werden in Unterrichtseinheit vier und fünf die konditionalen Satzmuster erweitert und in einem anderen Kontext (Beschreibung elektrischer Schaltungen) eingesetzt.



Abb. 5. Im Projekt eingesetzte Experimentiermaterialien

## 2.2 Unterrichtliche Erprobung des Materials

Nach der gemeinsamen Entwicklung wurde das Unterrichtsmaterial mit vier Klassen der Jahrgangsstufen sechs und sieben aus drei Kooperationsgymnasien erprobt ( $N = 123$  Schüler/innen, Interventionsgruppe). Die teilnehmenden Lehrkräfte führten den Unterricht mit Hilfe einer Anleitung durch. Um eine Vergleichbarkeit der Klassen zu gewährleisten, strukturierte die Anleitung den inhaltlichen und den methodischen Verlauf des Unterrichts, sodass keine weitere Vorbereitung oder Entwicklungsarbeit der Lehrkräfte nötig waren. Anleitungen, Aufgabenstellungen und Merk-

sätze waren in Heften für Schüler/innen zusammengefasst. Experimentieraufgaben wurden mit einem Experimentierset in Gruppen mit zwei Schüler/innen durchgeführt (Abb. 5). Die Interventionsgruppe wurde mit einer Kontrollgruppe ( $N = 123$  Schüler/innen) verglichen, die eine thematisch und inhaltlich ähnliche Unterrichtsreihe ohne dezidierte sprachliche Förderung absolviert hat.

Um den Erfolg der Unterrichtseinheit zu überprüfen, wurden das Fachwissen in der Elektrizitätslehre und die Fähigkeiten im Umgang mit konditionalen Satzmustern jeweils vor und nach dem Unterricht mit schriftlichen Tests gemessen. Der Fachwissenstest beinhaltet Aufgaben zur Überprüfung des Wissens über geschlossene Stromkreise, Leiter und Isolatoren, den Umgang mit Reihen-, Parallel- und Wechselschaltungen und die Analyse logischer Schaltungen. Der Test zum Umgang mit konditionalen Satzmustern überprüft deklaratives Wissen über konditionale Satzmuster sowie den rezeptiven und den produktiven Umgang mit konditionalen Satzmustern. Dabei mussten die Schüler/innen beispielsweise Beobachtungen zu vorgegebenen Experimenten verfassen oder konditionale Aussagen auf ihre Korrektheit überprüfen. Der Inhalt der Items war entweder vom Fach unabhängig (alltagsbezogen) oder bezog sich auf die vermittelten Fachinhalte.

Die Befunde der unterrichtlichen Erprobung zeigen einen statistisch signifikanten Lernzuwachs der Schüler/innen sowohl im Themenbereich Elektrizitätslehre (Cohens  $d = 0.90$ ) als auch im

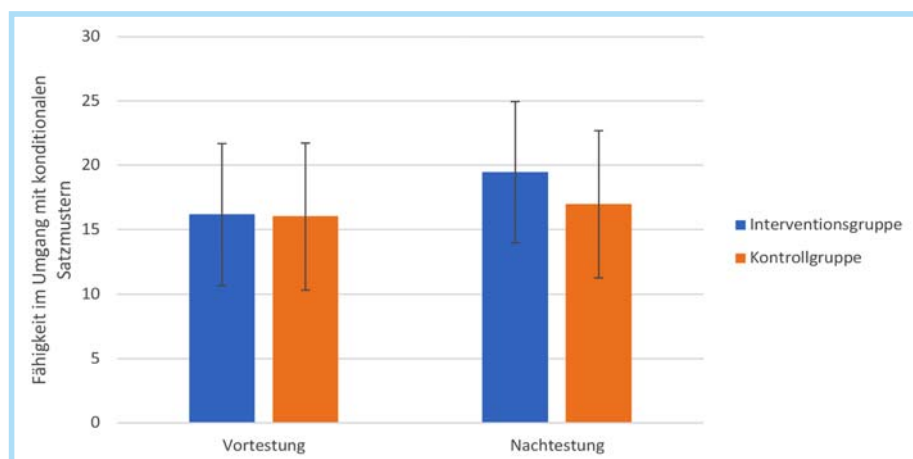


Abb. 6. Zuwachs der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern durch die Unterrichtsreihe

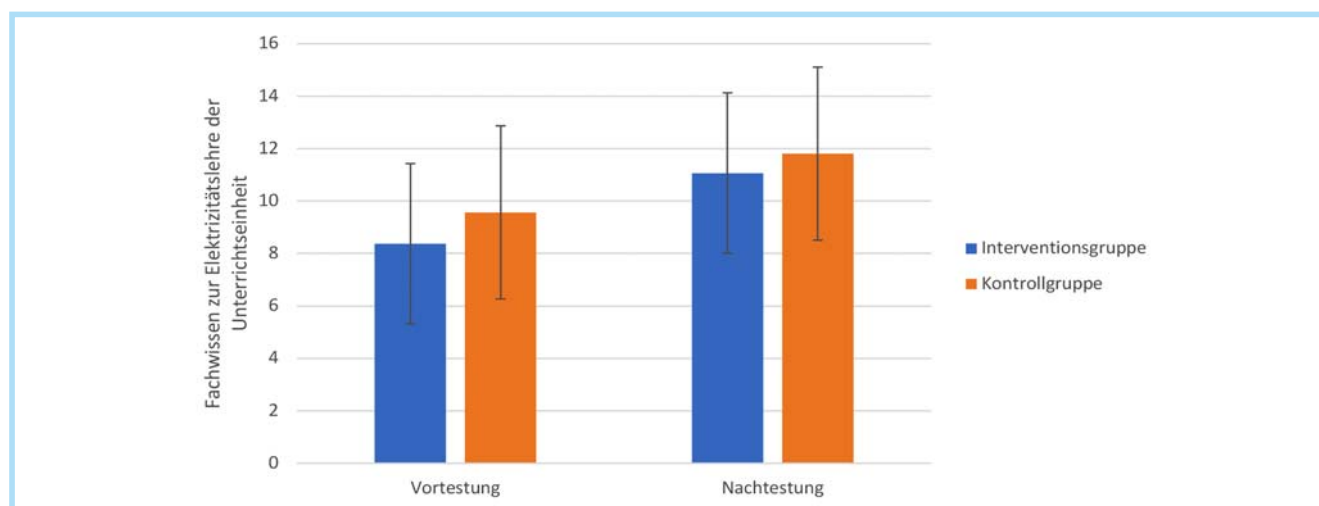


Abb. 7. Zuwachs des Fachwissens Elektrizitätslehre durch die Unterrichtsreihe

Umgang mit konditionalen Satzmustern (Cohens  $d = 0,62$ ) (eine Effektstärke der Größe Cohens  $d = 1$  würde einen Lernzuwachs von der Größe einer Standardabweichung bedeuten; Effektstärken über 0,8 werden als groß und unter 0,5 als klein bezeichnet). Insbesondere lernen die Schüler/innen Eigenschaften konditionaler Satzmuster und deren Funktion in der Darstellung physikalischer Inhalte kennen und können ihre funktionale Anwendung domänenspezifisch von anderen Ausdrucksmitteln abgrenzen.

Im Vergleich zur Kontrollgruppe schneiden die Schüler/innen der Interventionsgruppe in der Testung nach der Durchführung der Unterrichtsreihen im Test zum Umgang mit konditionalen Satzmustern statistisch signifikant besser ab (Cohens  $d = 0,59$ ; Abb. 6). Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied im Fachwissen Elektrizitätslehre zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden (Abb. 7). Die Ergebnisse zeigen, dass im Rahmen des Projekts gemeinsam mit Lehrkräften eine Unterrichtsreihe entwickelt werden konnte, die den Umgang mit konditionalen Satzmustern verknüpft mit der Vermittlung fachlicher Inhalte im Themenbereich Elektrizitätslehre der Unterstufe fördert, ohne dabei das Fachwissen der Schüler/innen zu vernachlässigen.



### Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei den teilnehmenden Lehrkräften und Schulen für die engagierte Mitarbeit in unserem Projekt: CHRISTIAN FREMDER, MARTIN GOERLICH, SILVIA LAPSIEN, DR. CARSTEN PETERS, DR. GREGOR TYCZKOWSKI und SASCHA VÖLKE vom Elly-Heuss-Knapp-Gymnasium in Duisburg, JOACHIM DOMBROWSKI, DR. SIMONE KUHLMANN, DR. ANNA LAU und MANUEL MÄRZ vom Gymnasium Wanne in Herne, LUTZ KARNATH, DR. CARSTEN ROEGER und DOMINIK SCHÖNEBERG vom Geschwister-Scholl-Gymnasium in Pulheim.

### Literatur

BECKER-MROTZEK, M., SCHRAMM, K., THÜRMAN, E. & VOLLMER, H. (2013). *Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen*. Münster: Waxmann.

BEESE, M., & ROLL, H. (2015). Textsorten im Fach-zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hg.). *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern: Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht*, S. 51–72. Stuttgart: Fillibach bei Klett.

FEILKE, H. (2014). Argumente für eine Didaktik der Textprozeduren. In T. BACHMANN & H. FEILKE (Hg.). *Werkzeuge des Schreibens. Beiträge zu einer Didaktik der Textprozeduren* (S. 11–34). Stuttgart: Fillibach bei Klett.

KRABBE, H. (2015). Das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte des Physikunterrichts. In S. SCHÖLZER-EIBINGER & E. THÜRMAN (Hg.). *Schreiben als Medium des Lernens* (S. 157–174). Münster: Waxmann.

KRABBE, H., TIMMERMAN, P. & BOUBAKRI, C. (2019). BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN im Physikunterricht. In C. MAURER (Hg.). *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 265–268). Universität Regensburg. [https://gdcp-ev.de/wp-content/tb2019/TB2019\\_265\\_Krabbe.pdf](https://gdcp-ev.de/wp-content/tb2019/TB2019_265_Krabbe.pdf) (20.07.2020).

KRABBE, H., ZANDER, S., & FISCHER, H. E. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung*. Münster: Waxmann Verlag. <http://www.ganzin.de/wp-content/uploads/2015/10/Lernprozessorientierte-Gestaltung-von-Physikunterricht.pdf> (25.09.2018).

Kultusministerkonferenz [KMK] (Hg.) (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland*. München, Neuwied: Luchterhand.

LEISEN, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*, 2. Stuttgart: Ernst Klett Sprachen.

NORRIS, S. P. & PHILLIPS, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Sci. Ed.*, 87(2), 224–240. DOI: 10.1002/sce.10066.

POHL, T. & STEINHOFF, T. (Hg.) (2010). *Textformen als Lernformen*. Duisburg: Gilles & Francke.

SCHMÖLZER-EIBINGER, S. (2008). Das 3-Phasen-Modell zur Förderung der Textkompetenz. *Fremdsprache Deutsch*, 39, 28–33.

THÜRMAN, E., KRABBE, H., PLATZ, U. & SCHUMACHER, M. (2017). *Sprachbildung als Aufgabe aller Fächer und Lernbereiche. Erfahrungen mit Sprachberatung an Ganz- In-Gymnasien*. Münster: Waxmann.

ROBERT ALEKSOV ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe von Prof. Härtig. Zu seinen Forschungsinteressen gehören der Einfluss der Sprache auf Kompetenzerwerb im Physikunterricht. Der vorliegende Beitrag ist im Rahmen seines Dissertationsprojektes entstanden. robert.aleksov@uni-due.de

HANS E. FISCHER ist Professor i. R. für Didaktik der Physik an der Universität Duisburg-Essen. Zu seinen Forschungsinteressen an den Universitäten Dortmund und Duisburg-Essen gehören das Professionswissen von Physiklehrkräften, Physikkompetenz an Schule und Universität und Qualität des Physikunterrichts von der Primarstufe zur Oberstufe und ihre Entwicklung. hans.fischer@uni-due.de

HEIKO KRABBE war in den Jahren 2010 bis 2016 abgeordneter Lehrer in der Arbeitsgruppe von Prof. FISCHER an der Universität Duisburg-Essen. Er hat dort, u.a. in Kooperation mit dem Institut für Deutsch als Zweit- und Fremdsprache, Konzepte für einen sprachbewussten Physikunterricht entwickelt und erforscht. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt ist die lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Seit 2016 ist er Professor für Didaktik der Physik an der Ruhr-Universität Bochum. heiko.krabbe@rub.de

HENDRIK HÄRTIG ist Professor für Didaktik der Physik an der Universität Duisburg-Essen. Zu seinen Forschungsinteressen gehören der Einfluss der Sprache auf Kompetenzerwerb im Physikunterricht und die Förderung experimenteller Kompetenzen. hendrik.haertig@uni-due.de

